

ЭКОЛОГИЯ
И ФИЗИОЛОГО - БИОХИМИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО
ПРЕВРАЩЕНИЯ АЗОТА

ECOLOGY AND FUNDAMENTALS OF THE
PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY OF
MICROBIOLOGICAL NITROGEN
TRANSFORMATION



TARTU 1972

Тартуский государственный университет
Институт экспериментальной биологии АН Эст. ССР
Эстонское отделение Всесоюзного
микробиологического общества

Tartu State University
The Institute of Experimental Biology of the Academy
of Sciences of the Estonian S. S. R.
The Estonian Branch of the All- Union
Microbiological Society

ЭКОЛОГИЯ И ФИЗИОЛОГО - БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ АЗОТА

ECOLOGY AND FUNDAMENTALS OF THE PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY OF MICROBIOLOGICAL NITROGEN TRANSFORMATION

(Материалы конференции 12 - 13 сентября 1972 г.)

ТАРТУ 1972

В настоящем тематическом сборнике напечатаны материалы конференции "Экология и физиолого-биохимические основы микробиологического превращения азота", состоявшейся, в Тарту, Эст. ССР с 12 по 13 сентября 1972 г. Редактирования представленных текстов не производили, авторы сами отвечают за их форму и содержание.

The present collection of theses is based on the reports delivered at the conference "Ecology and Fundamentals of the Physiology and Biochemistry of Microbiological Nitrogen transformation", held in Tartu, the Est. SSR., September 12 and 13, 1972.

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛЫ ПЛЕНАРНОГО ЗАСЕДАНИЯ

	Стр.
Е.Н.МИШУСТИН Биосфера и азот в земледелии . .	17
Г.А.ЗАВАРЗИН Морфология и основные биохимические механизмы нитрифицирующих бактерий	25
В.ТОКВЕР Некоторые современные проблемы денитрификации	34
А.А.ШАМИН Динамическое равновесие почвы как регулятор деятельности почвенных микроорганизмов, осуществляющих круговорот азота	47

I секция ЭКОЛОГИЯ АММОНИФИКАЦИИ, НИТРИФИКАЦИИ И ДЕНИТРИФИКАЦИИ

В.Ф.ПАВЛЕНКО О роли микроскопических грибов в процессе аммонификации в садовых почвах Украины	55
П.РАХНО, Л.СИРП Факторы, влияющие на содержание аммиачного и нитратного азота в почве без растений	60
Г.Я.ЧЕСНЯК, М.Б.ПЕТРЕНКО Активность процесса нитрификации на мощном черноземе	65
М.АКСЕЛЬ Связь динамики численности почвенных грибов и соединения форм азота в почве	70
М.Н.БУРАНТУЛОВА, М.Х.ХАМИДУЛЛИН, Н.С.НАУМОВ, Л.П.ТЕРНОВАЯ Нитрификационная способность и витаминность черноземов Башкирии	75

Т.И.КУЗЯКИНА	Бактерии отдельных физиологических групп, принимающих участие в превращениях азота почвы дерново-подзолистого типа . . .	79
О.РЫНС	Динамика развития бактерий, связанных с превращением азота при разложении в почве растительных остатков	84
А.И.ЧУНДЕРОВА	Интенсивность процессов минерализации органических соединений азота в почвах различных типов	91
И.Н.РОМЕЙКО, Л.Б.БИТЮКОВА	Процессы превращения почвенного азота при окультуривании дерново-подзолистой почвы	96
М.О.ВИНКАЛНЕ, Р.Р.ВИЗДА	Микробиологические превращения, связанные с изменением содержания подвижного азота на почвах, разных по механическому составу, при применении удобрения соломой	101
А.П.ДЕРБАКОВ	Соединения азота, их изменения и превращения в черноземах	107
С.М.САМОСОВА, Л.И.ПИТОВА, А.А.МУНИНА, В.И.ФИЛЬЧЕНКОВА, Г.Х.МУСИНА	Микробиологические процессы при разложении навоза и влияние его на биологическую активность и азотный режим почвы .	113
В.В.ЕРШОВ	Активность превращения азота органических веществ в подзолистых суглинистых почвах Карелии	119
Р.М.ЧЕРНОБРОВИНА, А.Д.БАРСУКОВА	Потери азота и интенсивность микробиологических процессов в некоторых почвах Молдавии	124
С.П.ГОРДЕЦКАЯ, В.И.КУЧЕРЕНКО	Влияние удобрений на биологическую активность и азотный режим почвы	129

Т.П.ЗУБЕЦ Активность процессов аммонификации и нитрификации при 8-летнем использовании гербицидов	134
В.ТРОШЬ, П.РАХНО О влиянии сланцевых препаратов на развитие аммонифицирующих, нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий в почве	139
Я.Ф.НИЗАМЕТДИНОВА, И.А.МУЗАФАРОВА Нитрификация в засоленных светлых сероземах Голодной степи	143
К.К.Янкиявичюс, А.И.БАРАНАУСКЕНЕ, Р.И.РАЗУЛИТЕ Динамика денитрифицирующих бактерий в разных экологических условиях	148
Т.А.ЩЕРБАКОВА, Г.Я.КОРБОВА, С.Н.БОРОДЬКО Особенности азотного режима мелкозалежной торфяной почвы в первые годы ее освоения	153
В.Г.ДУДЧЕНКО, А.К.БЕСКРОВНЫЙ Процессы аммонификации и нитрификации на осушенных торфяниках	157
Л.А.КАРЯГИНА, Ф.П.ВАВУЛО, Л.М.СТЕФАНЬМИНА Интенсивность процессов аммонификации и денитрификации в торфяно-болотных почвах разной степени окультуренности при различном увлажнении	162
И.И.ШЕВЦОВА Влияние влажности почвы на аммонифицирующие и нитрифицирующие бактерии	167
Л.А.ХАЧИКЯН, Н.А.ОГАНЕСЯН Об аммонификации и нитрификации в некоторых типах почв Армянской ССР	172
М.Б.ПЕТРЕНКО Влияние бессменного выращивания растений на микробиологические процессы в почве	176
Б.И.ЗАХАРОВА, Л.И.ШИЛИНА, Л.М.ЗИЛЬ Севооборот и монокультура как экологические факторы микробиологического превращения азота в почве	182

Л.ВИЙЛЕБЕРГ, Х.ТИЙВЕЛЬ, К.МОЗЕС	О сезонной динамике микробов, участвующих в круговороте азота в связи с почвоутомлением в яблоневых садах	186
---------------------------------	---	-----

II секция ПЕРЕМЕЩЕНИЕ АЗОТА В СИСТЕМЕ ПОЧВА-МИКРОБЫ-РАСТЕНИЯ

Т.В.ТАРВИС	Иммобилизация азота микрофлорой подзолистых почв и его доступность для растений	193
Е.М.ПАНКРАТОВА	Использование растением азота, поглощенного водорослями	199
И.Н.РОМЕЙКО, Р.М.УЛЯШОВА	Влияние удобрений на процессы превращения азотсодержащих веществ в дерново-подзолистой почве полесья УССР	205
В.В.СИДОРОВА	Влияние азотных удобрений на жизнедеятельность микрофлоры и дополнительную мобилизацию почвенного азота	210
В.ТОХВЕР, Л.НАРУСК	О значении биотических факторов в динамике и балансе почвенного азота	215
П.М.СМИРНОВ, С.Д.БАЗИЛЕВИЧ	Влияние ингибиторов нитрификации на превращение азотных удобрений в почве и их эффективность	222
Н.А.ИВАНОВА	Применение ^{15}N в изучении процесса нитрификации на почвах избыточного увлажнения	227
Е.И.АНДРЕЮК, А.Н.ДУЛЬГЕРОВ, Г.А.ЛУТИНСКАЯ	Микробиологические процессы трансформации азотных соединений обрабатываемых почв юга Украины	232

В.ТОХВЕР	О перемещении нитратного азота в торфяно-болотной почве в связи с развитием денитрификаторов	237
Ф.П.БАВУЛО, Е.Н.ВОРОБЬЕВА, Н.Н.ПЛОТНИНА	Влияние дождевания на процессы аммонификации, нитрификации и денитрификации в осушенных торфяно-болотных почвах	244
Е.З.ТЕПТЕР, Т.В.ПУШКАРЕВА	Влияние мелиоративных приемов на микрофлору и азотный режим торфяно-болотной почвы	250
А.Н.ИЛЯШЕТИНОВ	Особенности аммонификации и иммобилизации азота в почве под рисом	255
Г.П.ГОЛОДЯЕВ	Взаимоотношения клубеньковых бактерий с растением сои	261
М.И.БОРЧАНИНОВА, К.Ф.ФИЛИПОВА	Влияние пестицидов на накопление азота в растениях и ризосфере клевера красного	266
Э.Г.ВУХРЕР	О взаимосвязи споросных форм бактерий с фракционным составом азота в горных целинных почвах Киргизии	271
В.И.ЯКУШЕВА, А.С.МЕЕРОВСКИЙ	Особенности азотного режима дерново-глебовых почв Белоруссии	276

III секция ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ АЗОТА

М.В.ИТАЛЬБЕРГ	Изучение производных пиридина как ингибиторов нитрифицирующих бактерий и процесса нитрификации в почве	283
---------------	--	-----

Т.К.ИЛЬИНА, Р.Н.ХОДАКОВА Изучение физиологических особенностей микроорганизмов, участвующих в энергетических процессах восстановления нитратов	288
В.ТОХВЕР О значительных различиях в физиологических свойствах отдельных денитрификаторов	294
В.ТОХВЕР, А.ЛАВИНГ Индуцируемость нитрат-редуктазных систем у некоторых типичных денитрификаторов	303
Я.СИМСКЕР, М.ВАРЬЮН Усвоение ацетата <i>Achromobacter agile</i>	310
<u>К.А.КОЗЛОВ</u> О биологической мобилизации азота триоксипурина (мочевой кислоты) в почве	314
С.Р.ВИЛКС, М.Я.ВИТОЛ Способность дрожжей использовать пуриновые и пиримидиновые соединения	316
Г.А.ПОПОВА, С.Л.РОМАНОВ, А.М.БЕЗБОРОДОВ Деградация нуклеотидов грибом <i>Penicillium sizowii</i>	322
М.Н.БУРАНГУЛОВА, Л.П.ТЕРНОВАЯ, А.П.ТЕРНОВОЙ Влияние источников азотного питания и экологических условий на синтетическую деятельность <i>Vas. glutinosus</i>	327
Ф.Х.ХАЗИЕВ, Я.М.АГАДАРОВА, Н.А.МИРЕЕВА Ферментативный путь превращения азота в почве	333
В.К.МИСЕЕВА, А.И.ЧУНДЕРОВА Аммонификация, нитрификация и ферменты азотного режима в дерново-подзолистых почвах северо-западной зоны	339
Н.В.ПЕТЕРСОН, Е.К.КУРЬЛЯК Влияние факторов почвенной среды на дегидрогеназную активность микрофлоры	344

C O N T E N T S

PLENARY MEETING MATERIALS

	Page
E.N.MISHUSTIN Biosphere and Nitrogen in Agriculture	351
G.A.ZAVARZIN Morphology and Basic Biochemi- cal Mechanisms in Nitrifying Bacteria	352
V.TOHVER Some Contemporary Problems in Denitrification Studies	352
A.A.SHAMIN Homoeostasis as Regulator of Soil Microflora Activities of Nitrogen Cycle	353

Section 1 AMMONIFICATION, NITRIFICATION AND DENITRIFICATION ECOLOGY

V.F.PAVLENKO On the Role of Microscopic Fungi in Ammonification Processes in Horticul- tural Soils	354
P.RAHNO, L.SIRP Factors Influencing the Content of Ammonium and Nitrate Nitrogen in Plant Free Soils	354
G.J.CHESNYAK, M.B.PETRENKO Activity of Nitrification in Deep Chernozem	355
M.AKSEL The Connections Between the Quanti- tative Dynamics of Soil Inhabiting Fungi and Nitrogen Compounds Content in Soil	355
M.N.BURANGULOVA, M.Ch.CHAMIDULLIN, N.S.NAUMOV, L.P.TERNOVAYA The Nitrifying Capacity and Vitaminization of Some Chernozoms of the Foreurals of Bashkiria	356
T.I.KUZYAKINA The nitrogen Transforming Bacteria in Soddy-Podzolic Soils	356

	Page
O.ROOS The Dynamics of Bacterial Growth Connected with Nitrogen Transformation Caused by Decomposition of Plant Residue in Soil	357
A.I.CHOUNDEROVA Intensity of Degradation Processes of Organic Nitrogen in Different Soil Types	357
I.M.ROMEJKO, L.B.BITYUKOVA Soil Nitrogen Transformations in Cultivated Soddy-Podzolic Soils	358
M.VINKALNE, R.VIZLA Changes in Microbio- logical Processes Connected with Nitrogen and Its Modification in Soils of Different Texture under the Influence of Straw Manure	358
A.P.SHCHERBAKOV Compounds of Nitrogen and Their Transformation in Chernozems	359
S.M.SAMOSOVA, L.I.SHITOVA, A.A.MOUNINA, V.I. FILCHENKOVA, C.H.MOUSINA Microbiological Decomposition of Manure and Its Influence on Soil Biological Activity and Nitrogen Regime .	359
V.V.YERSHOF Transformation Activity of Nitrogen Containing Organic Substances in Podzol Loamy Soils of Karelia	360
R.M.CHERNOBROVINA, A.D.BARSUKOVA Loss of Nitrogen and Intensity of Microbiological Processes in Some Soils of Moldavia	360
S.P.GORDETSKAYA, V.I.KUCHERENKO Effect of Fertilizers on Biological Activity and Nitrogen Regime in Fertilized Soils	361
T.P.ZURETS Effect of Eight Year Herbicide Application on Ammonification and Nitrification in Soil	361

	Page
V.TROLL, P.RAHNO The Influence of Shale Oil Preparations on the Development of Ammonifying, Nitrifying and Denitrifying Bacteria in Soil. .	362
I.P.NIZAMETDINOVA, I.A.MUZAFAROVA Nitrification of Salted Light-Coloured Serozems of Golodnaya Steppe	362
K.JANKEVIČIUS, A.BARANAUSKIENĖ, R.RAZIULYTĖ Dynamics of Denitrifying Bacteria under Different Ecological Conditions	363
T.A.SHCHERBAKOVA, G.Y.KOROBOVA, S.H.BORODJKO Nitrogen Regime Properties of Shallow Unused Unused Peaty Soils During the First Years of Their Cultivation	363
V.G.DUDTCHENKO, A.K.BESCROVNY Processes of Ammonification and Nitrification on Drained Peat-Bogs	364
L.A.KARYAGINA, F.P.VAVULO, L.M.STEFANKINA The Intensity of Ammonification, Nitrification and Denitrification Processes in Peat-Bogged Soils with Different Cultivations Degree and Moisture	364
I.I.SHEVTSOVA Effect of Soil Moisture on Ammonifying and Nitrifying Bacteria	365
L.A.KHATCHICIAN, N.A.OGANESJAN Ammonification and Nitrification in Some Soils of the Armenian S.S.R.	365
M.B.PETRENKO Influence of Permanent Plant Growth on Microbiological Processes in Soils .	366
V.I.ZACHAROVA, L.I.SHILINA, L.M.ZIL Crop Rotation and Single-Crop System as Ecological Factor of Soil Nitrogen Microbiological Transformation	366

L.VILLEBERG, H.TIIVEL, K.MOSES	On Microbial Seasonal Dynamics in Connection with Soil Fatigue	367
--------------------------------	--	-----

Section 2 NITROGEN TRANSLOCATIONS IN "SOIL-MICROBES-PLANTS" SYSTEMS

T.V.TARVIE	Mineralization and Immobilization of Nitrogen by Microflora in Podzol Soils and Its Availability to Plants	368
E.M.PANKRATOVA	Utilization by Higher Plants of Nitrogen Fixed by Blue-Green Algae	368
I.N.ROMEJKO, R.M.ULJASHOVA	Effect of Fertilizers on Nitrogen Transformations in Soddy-Podzolic Soils of the Ukrainian Polessie . . .	369
V.V.SIDOROVA	The Influence of Nitrogenous Fertilizers on Microbial Vital Activities and Additional Mobilization of Soil Nitrogen . . .	369
V.TOHVER, L.NARUSK	On the Significance of Biotic Factors upon the Dynamics and Balance of Soil Nitrogen	370
P.M.SMIRNOV, S.D.BASILEVICH	The Influence of Inhibitors of Nitrification on Transformation of Nitrogen Fertilizers in Soils and Their Effectiveness	370
N.A.IVANOVA	Application of ^{15}N in Nitrification Studies in Overmoistened Soils	371
E.I.ANDREYUK, A.N.DULGEROV, G.A.YUTINSKAYA	Microbiological Transformation of Nitrogen Compounds in Irrigated Soils of Southern Ukraine	371

	Page
V.TOHVER On the Translocations of Nitrate Nitrogen in Moor Peat Soils in Connection with the Development of Denitrifying Bacteria . . .	372
F.P.VAVULO, E.N.VOROBJEVA, N.N.PLOTKINA The Influence of Sprinkler Irrigation on Ammonification, Nitrification and Denitrification Processes in Drained Peat-Bogged Soils	372
E.Z.TEPPER, T.V.PUSHKAREVA The Influence of Meliorative Measures upon Microflora and Nitrogenous Regime in Peat-Boggy Soils	373
A.N.ILYALETDINOV Peculiarities of Ammonification and Immobilization of Nitrogen in Soils under Rice	373
G.P.GOLODYAYEV Nodule Bacteria Interrelations with Soy-Bean Plants	374
M.I.BORCHANINOVA, K.F.FILIPPOVA Influence of Chemicals on Nitrogen Accumulation in Plants and Rhizosphere of Red Clover	374
E.G.VOHRER Interrelationship Between Spore Forming Bacteria and Fractional Composition of Nitrogen in the Virgin Hill Soils of Kirghiz. .	375
V.I.YAKUSHEVA, A.S.MEYEROVSKY Nitrogen Regime Characteristics of Soddy-Gley Soils of B.S.S.R.	375

Section 3 MICROBIAL NITROGEN TRANSFORMATION PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY

M.V.STALBERG Study of Pyridine Compounds as Inhibitors of Nitrifying Bacteria and Nitrification in Soils	376
---	-----

	Page
R.PIKOVSKAYA, M.DJINTSHVELASHVILI On the Association of Nitrifying and Denitrifying Bacteria in Vinogradsky Medium	376
T.K.ILYINA, R.N.KHODAKOVA The Study of Physiological Peculiarities of Microorganisms Participating in the Nitrate Reduction Energy-Exchange Processes	377
V.TOEVER On Essential Differences in Physiological Characteristics in Some Denitrifiers	377
V.TOEVER, A.LAVING The Inducibility of Nitrate Reducing Systems in Achromobacter agile and Pseudomonas denitrificans	378
J.SIMISKER, M.VARJUN Assimilation of Acetate by Achromobacter agile	378
S.R.VILKS, M.Ya.VITOLS Possibility of Purine and Pyrimidine Utilization by Yeasts	379
T.A.POPOVA, S.L.ROMANOV, A.M.BEZBORODOV Degradation of Nucleotides by Penicillium Sizowi	379
M.N.BURANGULOVA, L.P.TERNOVAYA, A.P.TERNOVOY The Influence of Nitrogen Sources and Ecological Conditions on Synthetic Activity of Bac. glutinosus	380
F.Ch.CHAZIEV, Ya.M.AGAFAROVA, N.A.KIREYEVA Enzymatic Transformations of Nitrogen in Soil	380
V.K.MOYSEEVA, A.I.CHOUNDEROVA The Ammonification, the Nitrification and the Nitrogen Metabolism Enzymes in the Turfy-Podzolic Soils	381
N.V.PETERSON, E.K.KURILYAK Soil Environment Effect on Dehydrogenase Activity of Microflora	381

МАТЕРИАЛЫ ПЛЕНАРНОГО ЗАСЕДАНИЯ

БИОСФЕРА И АЗОТ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Е.Н.Микустин

Институт микробиологии АН СССР

1. Азотное питание растений и факторы, обуславливающие поступление соединений азота в почву

Классическими работами французского ученого Буссенго (J.Boussengault) еще в 40-х годах прошлого столетия было показано, что урожай сельскохозяйственных культур в первую очередь определяется уровнем азотного питания растений. Отсюда становится понятным исключительный интерес, проявляемый к азотному обмену растительных организмов.

Как известно, атмосфера земного шара на 78 % состоит из газообразного азота. Использовать его как пищу могут, однако, лишь некоторые микроорганизмы - азотфиксаторы. Некоторые из них живут свободно в почве, другие же находятся в симбиозе с некоторыми растениями.

Подавляющее большинство растений, в том числе зерновые и технические культуры нуждаются в связанных соединениях азота, лучшими из которых являются соли аммония и азотной кислоты. Органические соединения азота, как правило, усваиваются растениями лишь после их минерализации. Отсюда встает вопрос в необходимости самого широкого использования минеральных удобрений.

В дальнейшем изложении кратко анализируется значение отдельных путей пополнения азотного фонда почвы для поднятия продуктивности земледелия.

2. Биологические и абиотические факторы, обогащающие почву связанным азотом

Как отмечалось выше, связывать молекулярный азот могут свободноживущие в почве и симбиотические микроорганизмы (1). Остановимся прежде всего на деятельности свободноживущих азотфиксаторов. В почвах имеется большое разнообразие азотфиксирующих бактерий. Эксперименты показывают, что азото-

усвоение свободноживущими бактериями определяется запасом в почве органических легкодоступных соединений. В общем оно не велико. В почвах дерновоподзолистой зоны накапливается за вегетационный период не более 2...3 кг азота на га, в черноземах 5...7 кг. Этот размер азотонакопления не обеспечивает существенного повышения урожая. Отметим, что для продукции 10 цт зерна требуется 30 кг азота (в расчете на чистый азот).

Положение изменяется при внесении в почву органических веществ, например, соломы. В условиях смешанных ассоциаций это позволяет микроорганизмам накопить около 6...7 кг азота на каждую тонну внесенной соломы. В затопленных почвах этот показатель возрастает почти в два раза. Очевидно в анаэробных условиях накапливается больше продуктов распада, используемых затем азотфиксаторами.

В 30-х годах Институт сельскохозяйственной микробиологии ВАСХНИЛ предложил использовать в качестве азотного удобрения культуру азотфиксирующей бактерии *Azotobacter chroococcum*. Препарат, содержащий азотобактер был назван "азотобактерином". Предполагалось, что после обработки высеваемых семян азотобактерином азотобактер будет развиваться на корнях растений и снабжать их азотным питанием. Препарат оказался мало эффективным, что легко объясняется уже отмеченными нами соображениями об условиях деятельности свободноживущих азотфиксирующих бактерий.

Связывать молекулярный азот могут весьма различные микроскопические синезеленые водоросли. Они являются фотосинтетиками и их деятельность не зависит от органического вещества почвы. При условии обычного земледелия синезеленые водоросли не обеспечивают существенного азотонакопления. Они размножаются как эфемеры в период сильного увлажнения почвы и накапливают за год на га, очевидно, не более нескольких кг азота (2). Однако в рисовых полях происходит массовое размножение сине-зелёных водорослей и их деятельность становится ощутимой. В странах Востока, где в больших количествах культивируется рис, стремятся размножать синезеленые водоросли в воде, заполняющей чеки.

Наши опыты позволяют заключить, что синезеленые водоросли могут за вегетационный период под рисом накопить 50-70 кг азота на га. В случае внесения в почву значительных доз минерального азота (50 кг га и более) азотфиксирующая деятельность водорослей подавляется и они переходят на питание связанного азотом.

Значительно более активными азотонакопителями являются бобовые растения, находящиеся в симбиозе с бактериями. В силу своих биологических особенностей наиболее сильно почва обогащается азотом многолетними бобовыми, у которых в корнях остается много азота. В корневых остатках люцерны за год накапливается около 100 кг азота, а у клевера - около 50 кг. Примерно вдвое большее количество азота отчуждается с урожаем. У однолетних бобовых к моменту созревания практически весь азот переходит в подземную часть и удаляется с урожаем. Азот, находящийся в корнях, в значительной части возвращается на поле с навозом.

Приведенный материал позволяет заключить, что из азотфиксаторов для сельского хозяйства наибольший интерес представляют симбиотические микроорганизмы.

Поверхность Земли постоянно получает некоторое количество соединений азота с дождевыми водами, т.к. в воздухе при электрических разрядах и ультрафиолетовом излучении происходит образование из молекулярного азота солей аммония и азотной кислоты. Имеющиеся данные позволяют заключить, что в среднем на 1 га земельной площади таким путем поступает около 4...6 кг связанного азота.

В общем за счет деятельности свободноживущих азотфиксаторов и с осадками каждый га почвы получает в год около 10 кг азота в форме различных соединений. Это количество азота обеспечивает урожай зерновых около 3,5 цт с га. Между тем в севооборотах без бобовых растений он обычно приближается к 7...8 цт/га, на черноземах поднимается до 15 цт/га (а иногда и выше). Это объясняется тем, что в почвах во время их формирования аккумулируется в виде перегноя значительные количества азота. В слое 0..100 см 1 га дерново-подзолистых почв общее содержание азота равно 6...9 т, а

в черноземах оно поднимается до 25...35 т. Перегной медленно подвергается минерализации и дает определенное количество азотной пищи для растений. Таким образом часть азотного питания посев получает из почвенных запасов, которые, конечно, постепенно истощаются, если не применяются меры к их пополнению.

Введение в севооборот таких энергичных азотфиксаторов как многолетние бобовые (клевер, люцерна и т.д.) позволяет существенно повысить урожаи сельскохозяйственных культур. Благотворное влияние бобовых на плодородие почвы известно с древнейших времен. Систематически однако бобовые растения в севооборотах стали применять лишь во 2-й половине 20-го века. Д.Н.Прянишников (3) считает, что это позволило европейским странам удвоить урожаи зерновых и довести их до 15 ц/га. Последующий рост урожайности зерновых был связан с применением минеральных удобрений.

3. Поступление в почву азота с минеральными и органическими удобрениями

Естественные факторы, определяющие поступление связанного азота в почву, обладают ограниченной возможностью и при стремлении вырастить большие урожаи приходится думать о внесении в почву искусственных минеральных азотных удобрений.

В отдельных странах сейчас используются различные нормы азотных удобрений, что определяется в основном экономическими условиями и размерами территории отдельных государств. Так, например, Япония и Голландия на 1 га возделываемой площади применяют более 100 кг азота, Великобритания и Франция около 50 кг, СССР - 17 кг, а Индия 4 кг. Соответственно стоят и урожаи зерновых. В 1970 г. средний урожай зерновых в СССР был равен 15,6 ц/га. В странах Западной Европы он в 2...3 раза выше.

Царская Россия, как отмечалось, имела урожай зерновых в 7 ц/га. Его удвоение за советский период в значительной степени связан с химизацией земледелия.

Относительно невысокий урожай зерновых в СССР отчасти

объясняется тем, что в СССР технические культуры получают очень много азотных удобрений (до 200 кг/га и более) и зерновые культуры нередко обделяются. В отдельных республиках они получают от 2-х до 45 кг азота на га. Например, Казахстан дает для зерновых около 2 кг азота на га и имеет урожай в 8...10 ц/га. В РСФСР вносится на 1 га 8 кг азота - урожай получается в 12 ц/га. Прибалтийские республики дают на га зерновых 45 кг азота имеют урожай в 24 ц/га (данные 1970 г.)

При первом взгляде на приведенные цифры урожай полностью определяется минеральными удобрениями. Однако это не так. Возьмем для примера Прибалтику, где под зерновые выносятся 45 кг азота на га. При обычном коэффициенте использования азота удобрений в 60...70 % это может дать прибавку урожая лишь на 10 ц с га. Откуда же берется азот на 14 ц? Он получается в основном от азотфиксации. Прибалтика имеет около 25 % площади под многолетними травами, что сильно повышает плодородие почв. В РСФСР соответствующая площадь равна 6 %, а в Казахстане - 2 %.

Таким образом, тайна высокого урожая в равной степени зависит как от минеральных удобрений, так и азота фиксируемого микроорганизмами.

В СССР в 1970 г. было использовано в сельском хозяйстве 3,8 млн т азота в виде минеральных удобрений.

В повышении продуктивности почв существенное значение играют органические удобрения, особенно навоз. Во многих индустриальных странах навозом покрывается значительная часть потребности почв в этом удобрении. В СССР в настоящее время вносится в почву в виде навоза около 2,5 млн т азота.

7. Регулирование азотного баланса почв

Существенной задачей правильной организации земледелия является составление положительного баланса почв. Повышение урожайности возможно лишь при увеличении в почве доступного растениям азота и других элементов. Компенсация выносимого с урожаем азота возможна равными путями - куль-

турой многолетних бобовых ("биологический" азот), использованием минеральных удобрений и внесением навоза.

"Биологический" азот имеет ряд существенных преимуществ, заставляющих отнестись к нему с должным вниманием. Он дешев и не требует, подобно минеральным удобрениям, перевозки. Бобовые растения, к тому же, не только обогащают почву азотом. Они дают прекрасный корм, существенно улучшают структуру почвы и способствуют ее очищению от фитопаразитов.

В большинстве крупных европейских стран под многолетними бобовыми растениями заняты значительные площади. Так, Франция засеивает многолетние травы на 17 % пахотной площади, Англия - на 36 %, Швеция - на 38 % и т.д. В некоторых небольших странах, например, в Бельгии и в Голландии, где использует очень высокие дозы минеральных удобрений, под многолетними бобовыми занята малая часть культивируемой почвы (до 8 %).

В настоящее время в СССР под многолетними бобовыми культурами занята небольшая площадь пахотных земель (около 6 %). Следовало бы думать о расширении их посевов, особенно в зоне недостаточного увлажнения и в местностях, где обеспечивается орошение.

Минеральные азотные удобрения дают, как уже отмечалось выше, большой эффект и получение высоких урожаев не мыслимо без их применения. Наиболее рационально-однако, применять удобрения на почвах, плодородие которых доведено до возможно высокого уровня использованием природных сил. Удобрения должны давать дополнительный эффект, а не покрывать ошибки, имеющие место в системе использования почвы.

Навоз в значительных количествах может быть использован лишь в зонах, где имеется стойловое содержание скота.

Имея в виду отмеченное, проанализируем азотный баланс наших почв и остановимся на возможных путях его улучшения. При существующем положении наши почвы постепенно истощаются азотом (А.В.Соколов, 1963; А.В.Петербургский, 1968). Ниже мы даем примерный расчет среднего расхода и прихода азота в почвах СССР, допуская, что многолетние бобовые в среднем дают для 1 га почвы 40 кг азота. Тогда для условий 1970 г. мы

будем иметь следующее положение:

Вынос азота (млн т)		Поступление азота (млн т)	
С урожаем зерновых	6,3	С минеральными удобрениями	3,8
С урожаем других культур	3,7	С органическими удобрениями	2,5
		От многолетних бобовых остается в почве	0,5
		От свободноживущих фиксато- ров азота	1,1
Итого			7,9

Таким образом, ежегодный дефицит азота наших почв примерно составляет 2 млн т. Так как азотные удобрения используются далеко не полно (не более чем на 70 %), то фактически дефицит азота равняется 3 млн т азота. Из приведенных цифр следует, что симбиотическая фиксация азота у нас используется ничтожно мало и к сожалению на это не обращают должного внимания. Д.Н.Прянишников (1945) считал, что бобовые растения должны давать в СССР 4 млн т азота, половина из которых остается в земле. Это вполне возможно, если площадь под этими культурами займет около 15...17 % от пахотных земель.

При дальнейшем увеличении урожайности зерновых сейчас делается основная установка на применение минеральных удобрений. К 1960 г. в СССР предполагается выпускать азотных удобрений 12,7 млн т (расчет на азот). Азотный баланс наших почв будет тогда благополучным. Однако, при учете расходов удобрений на технические культуры, азотные туки смогут обеспечить урожай зерновых лишь в 20 ц/га.

Существенного увеличения площади под многолетними бобовыми у нас не предполагается. Между тем поступление "биологического" азота в почву могло бы не без особого труда сильно увеличено.

При возросшем поступлении в почву "биологического" азота эффективнее могут быть использованы минеральные удобрения. Примерные расчеты позволяют утверждать, что при большем внимании к биологическим фиксаторам азота к 1980 г. урожаи зерновых у нас могли бы в среднем возрасти до 25-27 ц/га.

Выше уже отмечалось, что минеральные азотные удобрения используются в почве далеко не полностью. Имеющиеся данные показывают, что до 15...20 % их теряется через восстановление образовавшихся в почве нитратов. Таким образом, возникают огромные непроизводительные потери, с которыми необходимо, и возможно, бороться (4). Работа в этом направлении должна быть усилена.

Литература

1. Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. Биологическая фиксация атмосферного азота. Изд-во "Наука", 1968.
2. Панкратова Е.Н. Участие синезеленых водорослей в накоплении азота в почве. Тезисы докладов 1У съезда Всесоюзного микробиологического общества. Москва, 80...81, 1971.
3. Прянишников Д.Н. Азот в жизни растений и земледелии СССР. Изд-во АН СССР, 1948.
4. Delwiche C. The nitrogen cycle. Scientific America NT-9 Sept 137...147, 1970.

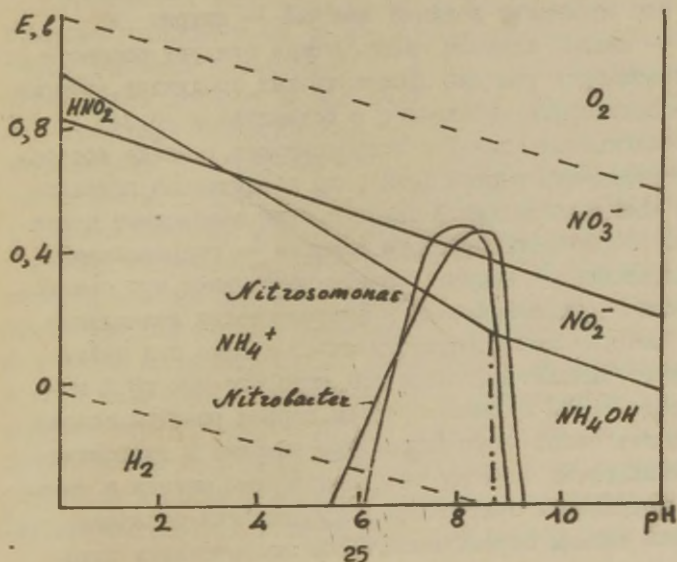
МОРФОЛОГИЯ И ОСНОВНЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ НИТРИФИЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ

Г.А.Заварзин

Институт микробиологии АН СССР, Москва

Новые данные относительно нитрифицирующих бактерий получены за последние годы немногими лабораториями: Д.Николас в Австралии дал подробный обзор успехов в изучении механизма нитрификации (Wallace, Nicholas 1969) С.Ватсон в Вудс Холе, США, выделил и описал морфологию ряда новых нитрификаторов (Watson, 1971) Существенным результатом является сходство между нитрификаторами и облигатными метаноокисляющими бактериями отмеченное Виттенбери и Вилкинсоном (Шотландия) и позволяющее надеяться на новый подход к микробиологии нитрификации. (Whittenbury a.s.k., 1970).

Преобразование аммония в окисленные соединения подчиняется определенным термодинамическим закономерностям отраженным на диаграмме полей устойчивости (рис.1).



В окисленной области господствует нитрат-ион, в восстановленной — ион аммония. Между ними располагается узкая полоса, в которой наиболее устойчивым соединением является нитрит-ион. С биологической точки зрения важна граница нитрит-ион/азотистая кислота, когда ион нитрита переходит в высокой степени ядовитую азотистую кислоту. Ниже значений pH 4 мы не вправе ожидать биологических превращений азота, проходящих через стадию азотистой кислоты. Верхнее значение pH для нитрификации располагается несколько выше pH 9, при котором проходит граница ион аммония/аммоний. Окисление аммония может происходить только в области сравнительно высоких значений окислительно-восстановительного потенциала, для нитрификации первой фазы несколько ниже, чем для второй фазы. Физиологические характеристики нитрификаторов хорошо согласуются с полями устойчивости продуктов и субстрата реакции.

Любопытное затруднение возникает в связи с тем, что ни одна из реакций, осуществляемых нитрификаторами, не может восстановить физиологические переносчики электрона, так как потенциал реакций аммоний — нитрит и нитрит — нитрат слишком высок. Отсюда следует рассмотреть возможность участия промежуточных продуктов, которые могли восстановить цитохром c с потенциалом +0,245 в. Таким соединением является гидроксиламин, участие которого в нитрификации первой фазы было убедительно показано многими исследователями. В связи с этим необходимо дополнительно рассмотреть переходы аммоний — гидроксиламин и гидроксиламин — нитрит. Расчеты показывают, что окисление аммиака в гидроксиламин — энергетически невыгодная реакция, которая может осуществляться только под действием такого окислителя, потенциал которого при pH 7 положительнее +0,92 в. Таким образом, первая реакция должна представлять собой оксигенирование аммония в гидроксиламин и аналогична поэтому оксигенированию метана в метанол метилотрофными бактериями. Гидроксиламин обладает достаточно низким потенциалом, чтобы восстановить цито-

хром c в реакции гидроксиламин — нитрит имеющей при рН 7 потенциал +0,07 в, то есть примерно такой же величины как естественный восстановитель цитохрома c — цитохром b. Нитрификаторы второй фазы, не нуждающиеся в мощном окислителе для превращения аммония в гидроксиламин обладают нормальной цитохромоксидазой, в то время как для нитрификаторов первой фазы терминальный участок цепи переноса электрона должен быть представлен ферментами способными окисгенировать аммиак. Различные функции терминального участка цепи переноса электрона при окислении аммония или нитрита являются причиной того, что эти реакции могут осуществлять разные микроорганизмы, то есть что нужны специфические агенты для первой и второй фаз нитрификации.

Сопоставление экспериментальных данных по зависимости нитрификации от рН с теоретическими расчетами представленными на рис. 1 хорошо согласуются с предположением, что аммиак ограничивает развитие организмов в щелочной области, а азотистая кислота — в кислой.

Особенности используемых нитрификаторами соединений наложили отпечаток на их физиологию: оба типа нитрификаторов являются автотрофами и строят вещества клетки из углекислоты, которую ассимилируют через рибулосодифосфатный путь. Цикл трикарбоновых кислот у них выполняет преимущественно анаболические функции и поэтому разомкнут на уровне кетоглутаровой — янтарной кислот. Способность к катаболическому использованию органических веществ практически отсутствует. Поскольку для восстановления углекислоты оба организма нуждаются в НАДН у них функционирует обратный перенос электрона с затратой 5 молей АТФ и 2 молей восстановленного цитохрома c на образование одного моля НАДН. Основное различие заключается в терминальном участке цепи переноса электрона. На рис. 2, где сопоставлены дифференциальные спектры обоих организмов, видно, что у нитрификаторов второй фазы необычно развита цитохромоксидаза, а у нитрификаторов первой фазы цитхро-

ма а мало.

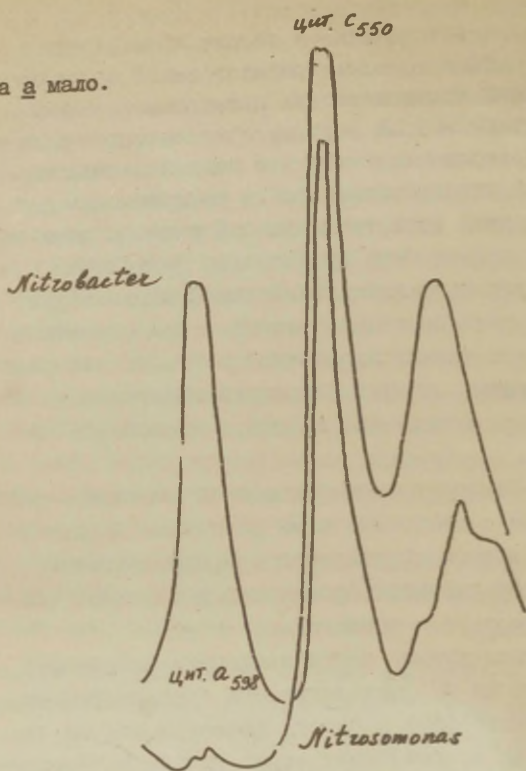


рис. 2

На блок-схеме обмена нитрификаторов показан предположительный механизм образования гидроксиламина через медь-содержащий фермент. Оба типа нитрификаторов обладают развитым цитохромным аппаратом, который обусловлен потребностью организма в дополнительном количестве АТФ для обратного переноса электрона с образованием НАДН и для автотрофной ассимиляции углекислоты. Организмы получают энергию только за счет работы последнего места фосфорилирования (рис. 3).

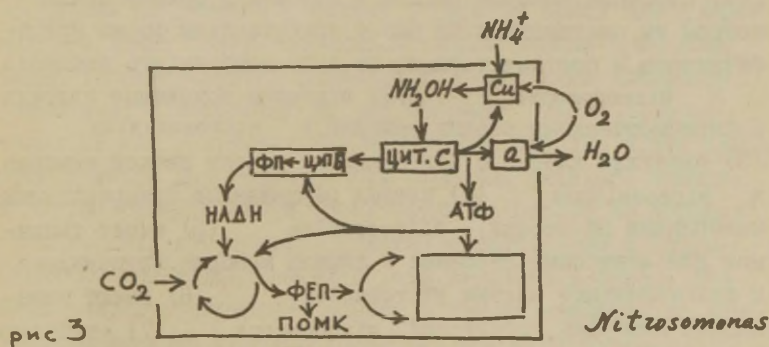
Биохимия нитрификаторов изучена достаточно подробно на уровне очищенных ферментных препаратов. Основным промежуточным продуктом первой фазы является гидроксилламин. Изучение его превращений затруднено отсутствием удовлетворительных аналитических методов, поэтому многие выводы

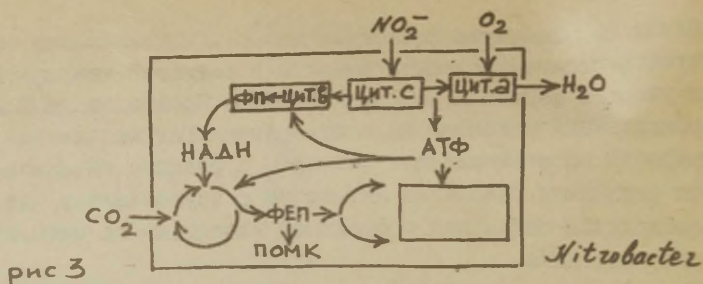
сделаны на основании косвенных данных. Гидроксиламин образуется оксигенированием аммиака с затратой энергии и при участии фермента, содержащего медь. Предполагавшийся пероксидазный механизм не подтвердился. Гидроксиламин анаэробно восстанавливает цитохром c, реакция катализируется флавинами. Окисление цитохрома c осуществляет цитохромоксидаза связанная с фракцией частиц, но ее активность бывает невелика.

Нитрификация второй фазы включает ферментативное окисление нитрита в нитрат за счет кислорода воды и дегидрогенизацию гидратированной формы нитрита с последующим образованием воды. Фермент находится во фракции частиц, которые способны к окислительному фосфорилированию с $P/O=1$. перенос электрона осуществляется с участием цитохромов c и a. Организмы второй фазы нитрификации обладают выраженной нитрат-редуктазной активностью. В восстановлении нитрата участвуют флавины, молибден, возможно, цитохром v.

Конструктивный обмен нитрификаторов типичен для хемоавтотрофов. У нитробактера было подробно изучено включение экзогенного ацетата и медленный рост на нем. Ацетат использовался для синтеза полиоксималяной кислоты, которая могла затем медленно потребляться; к этой реакции способны далеко не все штаммы нитробактера.

Обмен нитрификаторов представлен на блок-схеме (рис. 3).





В течение длительного времени единственным возбудителем первой фазы нитрификации считался *Nitrosomonas* а второй — *Nitrobacter*. Виноградский, однако, полагал, что возбудителей первой фазы много и это утверждение было подтверждено работами Ватсона, который вновь изолировал несколько форм, описанных Виноградским, и обнаружил несколько новых организмов.

Особенности методики Ватсона заключались в том, что среда содержала необычно низкое количество фосфатов: от I до 10 мг/л PO_4^{3-} . Культивирование велось в режиме рН-стата при рН 7,5. Выделение чистых культур осуществлялось разведениями на жидкой среде. Полученные культуры по физиологическим признакам не отличались от *Nitrosomonas* и *Nitrobacter*, но были весьма разнообразны по тонкому строению, которое Ватсон и положил в основу предложенной им систематики. На рис. 4 представлены формы нитрификаторов и соответствующие им типы мембранного аппарата.

К *Nitrosomonas* (1, 2) отнесены подвижные палочки с периферическими слоями мембран, к *Nitrosocystis* (3) округлые клетки с пересекающей клетку пачкой мембран, к *Nitrosolobus* (4) клетки разделенные пузыревидными мембранами на отсеки, *Nitrosospira* (5) имеет типичное для лептоспир строение и лишена мембран. Грушевидные и палочковидные клетки *Nitrobacter* (6) имеют чашевидные мембраны, гигантский *Nitrosococcus* (7) — тубулярный мембранный аппарат и, наконец, тонкая *Nitrospina* (8) лишена мембран.

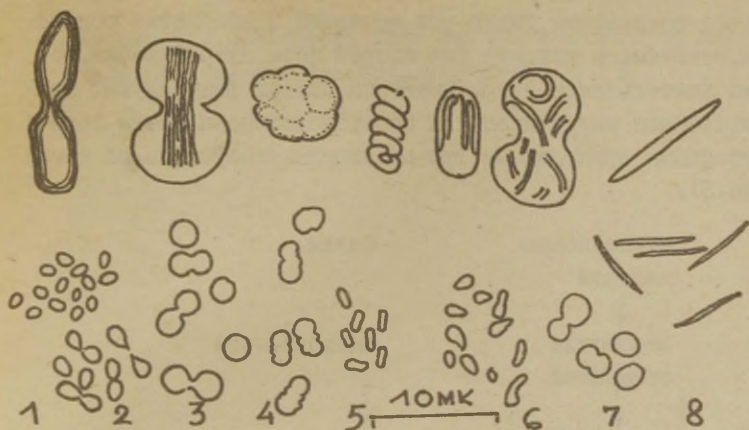
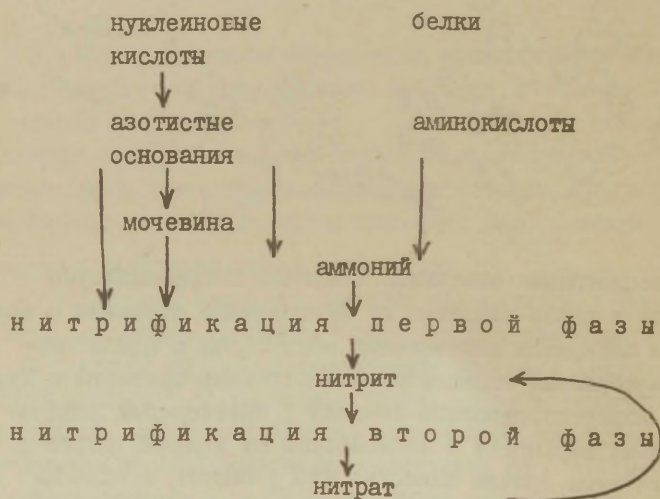


Рис. 4

При рассмотрении описанных Ватсоном нитрификаторов бросается в глаза сходство их внутреннего строения с ламеллярным аппаратом синезеленых водорослей с одной стороны и мембранным аппаратом метилотрофных бактерий с другой. Как известно, строение ламелл у синезеленых водорослей весьма варьирует в зависимости от условий роста и состояния туры, причем известно, что у одного и того же вида мембраны имеют тенденцию располагаться параллельными рядами по стенкам у мелких форм, в то время как у крупных они лежат более свободно. Метанооксиляющие организмы также характеризуются ламеллярным мембранным аппаратом, форма клеток некоторых из них, например *Methylobacter* такая же как у крупных нитрификаторов Ватсона и, что самое существенное некоторые из них способны окислять аммиак в нитрит. Представители обеих групп не растут на обычных органических субстратах. Сходство метилотрофов и нитрификаторов настолько очевидно, что вероятно в скором времени получит разрешение вопрос о том не являются ли они представителями близкородственных групп организмов.

Рассматривая роль нитрификаторов в природе необходимо учитывать способность возбудителей первой фазы использовать не только аммоний, но и некоторые органические азотистые соединения, такие как мочевина и азотистые основания. Источником нитрита для второй фазы нитрификации, помимо деятельности нитрификаторов первой фазы, служат гетеротрофная нитрификация и восстановление нитрата гетеротрофными организмами. Эти отношения изображены на схеме (рис. 5).



В целом следует признать, что изучение экологии нитрифицирующих организмов требует новых подходов в результате прогресса в микробиологии

Литература.

R. Whittenbury, K. C. Phillips, J. F. Wilkinson 1970 Enrichment isolation and some properties of methaneutilizing bacteria J. gen. Microbiol., 61, 205-218

S.W.Watson 1971 Taxonomic considerations of the family
Nitrobacteriaceae Buchanan. Internl. J. System. Bacteriol.,
21, 254 270

W.Wallace, D.J.D. Nicholas 1969 The biochemistry of nitrifying
microorganisms. Biol. Rev., 44, 359 391

НЕКОТОРЫЕ СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ДЕНИТРИФИКАЦИИ

В.Тохвер

Тартуский государственный университет

Денитрификация является процессом, в котором еще много неполно понятого. Об этом свидетельствуют уже многие терминологические неадекватности. В качестве примера можно привести термин "аэробная денитрификация", введенный Мейклендон в 1940 г. [1], но ошибочно используемый иногда и в наши дни. Нам кажется, что прежде всего следует, поэтому, с нужной строгостью определить используемые в нашем обсуждении основные понятия. Учитывая современные знания о денитрификации, предлагаем следующую систему основных терминов.

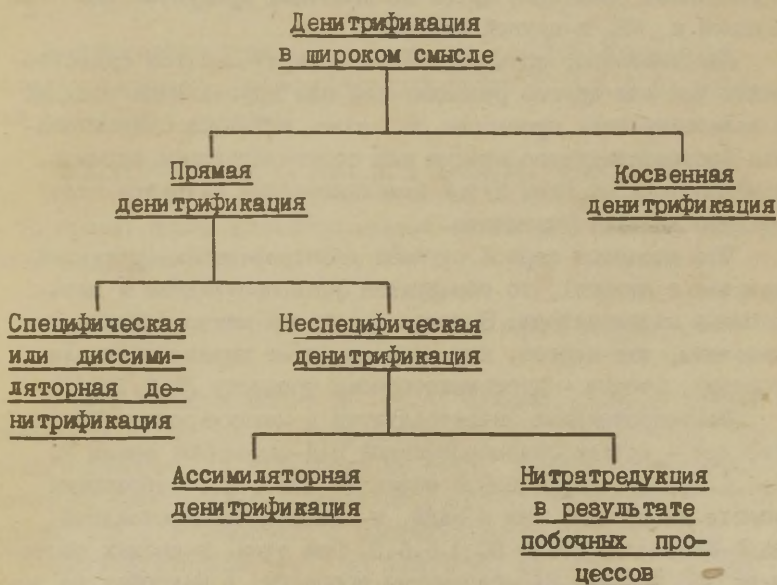
Денитрификацией в широком смысле называем все природные процессы восстановления нитратов, независимо от агентов, механизма и продуктов процесса. Этот процесс разделяется на прямую и косвенную денитрификацию. Под прямой денитрификацией подразумеваем биологическую редукцию нитратов, под косвенной - чисто химическое восстановление нитратов и нитритов в некоторых естественных субстратах по типам ван-слайковских реакций.

Прямая или биологическая денитрификация, в свою очередь, также расчленяется на комплексные процессы двух типов. Специфическая или диссимиляторная денитрификация выполняет для вызывающих ее агентов "энергетическую" функцию - нитраты в этом случае действуют в качестве терминального акцептора электронов при функционировании цепи окислительно-восстановительных реакций, в ходе которой освобождается энергия, используемая для проведения процессов жизни. Типичным конечным продуктом диссимиляторной денитрификации является N_2 . Если не дано ограничивающих эпитетов, то под словом "денитрификация" следует понимать именно диссимиляторную денитрификацию.

Неспецифическая денитрификация не выполняет энергетических функций. Сюда принадлежат все остальные случаи биоло-

гической нитратредукции. Она может быть процессом, при котором нитраты восстанавливаются (главным образом только до нитритов) в ходе побочных реакций при обильной снабженности некоторых микробов энергетическими субстратами. Неспецифическим следует считать и широко распространенную ассимиляторную денитрификацию, которая обозначает подготовительный этап при усвоении нитратного азота для построения веществ живого тела. Терминальным продуктом этого процесса является NH_3 . К ассимиляторной денитрификации способны все зеленые растения и многие микробы.

Отношения между вышеприведенными терминами следующие:



Что же касается термина "аэробная денитрификация", приведенного впереди в качестве примера о неадекватности терминологии, то он основывается на недоразумении, так как денитрификация, независимо от типа, никогда не нуждается в

участии кислорода. Наоборот, специфическая денитрификация, например, именно является процессом, в котором нитраты "заменяют" кислород. Тот, факт, что в природе денитрификация может протекать при некотором доступе воздуха, не имеет значения в этом деле. Это явление другого порядка.

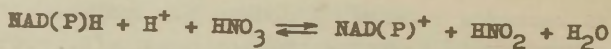
Существование двух систем нитратовосстановления

Уже почти 20 лет тому назад было высказано предположение, что в природе существуют 2 различных системы нитратовосстановления [2]. Это предположение несколько позже было Клейвером развито в цельную концепцию [3,4], вместе с указанием различных путей до конечных продуктов (до N_2 в одной и NH_3 в другой системе).

Как известно, принципиальным доказательством существования той или другой реакции, той или другой цепи реакций в метаболических процессах *in vivo* является существование соответствующего энзима или соответствующих энзимов. При конструкции схем путей восстановления нитратов этот принцип следует учитывать.

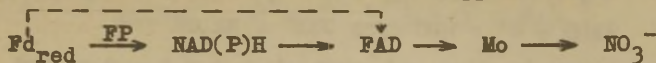
Что касается первой ступени денитрификации (редукции нитрата в нитрит), то обнаружены флавопротеидные и цитохромные катализаторы. В настоящее время можно считать доказанным, что первые, как правило, дают начало ассимиляторному, вторые — диссимиляторному процессу [5,6,7,8].

Флавопротеидных нитратредуктаз в международном ЕС-списке три — металлофлавопротеидный НАД-связанный энзим ЕС 1.6.6.1., флавопротеидный энзим ЕС 1.6.6.2., работающий вместе как с НАД, так и НАДФ, и молибдофлавопротеидный НАДФ-связанный энзим ЕС 1.6.6.3. При этом, в высших растениях преобладают НАД-связанные процессы, в микробах же донором электронов служит как НАД-Н, так и НАДФ-Н. Катализируемые реакции можно суммарно показывать уравнением



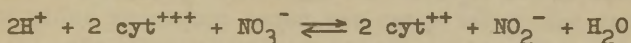
Данные, полученные в работах с *Neurospora* sp., а также с некоторыми другими культурами [9], позволяют заключить,

что в редукции нитратов и участвует и ферредоксин по схеме

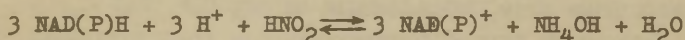


Валентность молибдена в этой цепи изменяется на единицу ($+5 \rightleftharpoons +6$).

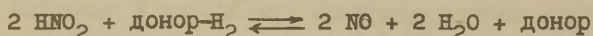
Цитохромная нитратредуктаза, катализирующая начало диссимиляторной денитрификации, носит в международном списке шифр ЕС 1.9.6.1. С участием этого энзима происходит реакция



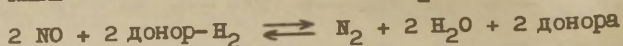
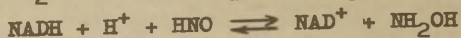
Нитратредуктаза выделена пока две - НАД(Ф)-связанный металлсодержащий флавопротеидный энзим ЕС 1.6.6.4, который катализует реакцию



в то время, когда флавопротеидный энзим ЕС 1.7.99.3 катализует реакцию



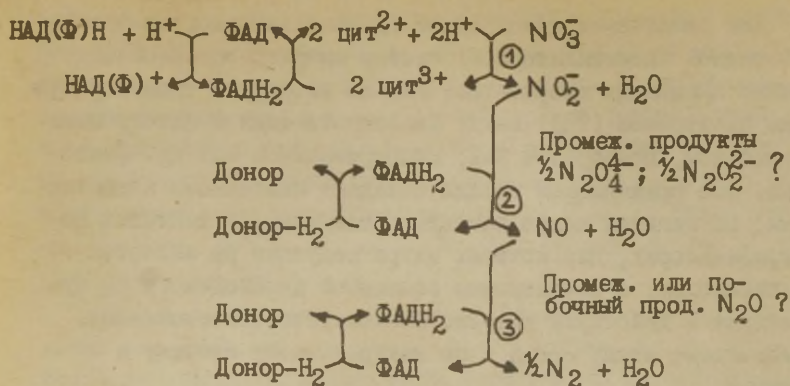
В этой реакции могут *in vitro* служить донором восстановления пиоцианин, дигидрофлавины и др. соединения. Что служит донором *in vivo*, пока не ясно. Экспериментальные данные с регистрацией продуктов реакций, позволяют считать, что ЕС 1.9.6.1 работает в ассимиляторном, ЕС 1.7.99.3 - в диссимиляторном пути. Не выяснено, являются ли катализуемые реакции одноударные, или же идут реакции по ступеням через некоторые интермедиаты. В пользу существования последних говорит существование энзимов, катализирующих превращения возможных промежуточных продуктов в денитрификаторах. Следует указать на гидроксилламинредуктазу (ЕС 1.7.99.1), гипонитритредуктазу (ЕС 1.6.6.8) и редуктазу окиси азота (ЕС 1.7.99.2), которые катализуют следующие реакции:



Вопрос о природе доноров *in vivo* пока открыт. По данным Дозада и сотр. [10] как при нитрат-, так и при нитритредукции действует и восстановленный ферредоксин, который сам восстанавливается под влиянием первичного донора (NADH-H или H_2) или же в реакциях фоторедукции. Fd_{red} переносит электроны прямо или через посредник азоту нитрита. Восстановление нитрита происходит, следовательно, аналогично с восстановлением нитрата.

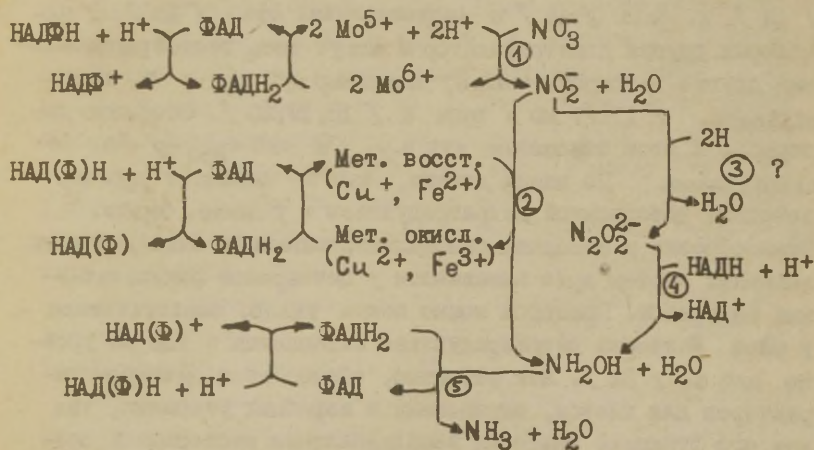
Учитывая приведенные энзимологические данные и результаты определения интермедиатов последовательного восстановления нитратов, эти пути можно представить в виде составленных нами схем, приведенных на стр.39.

Возникает вопрос о независимости представленных на схемах путей, а также об их функциональной различаемости. Проблема заключается в том, следуют ли инициальным нитратредуктазам в специфическом порядке хотя и относительно определенные оксидоредуктазы, приводящие в конечном счете к различным результатам? В настоящее время этот вопрос разрешен принципиально положительно. Возникает, однако, еще второй вопрос: представлены ли обе системы одновременно в клетках денитрификаторов? Результаты исследований последнего десятилетия позволяют и этому вопросу дать положительный ответ [5,6,8,11,12]. Правда, в некоторых исследованиях высказывают о наличии в бактериальных клетках только одной нитратредуктазы [3,13], но следует иметь в виду, что такие высказывания основываются на данных, полученных в работе с неспецифическими относительно денитрификации кишечными бактериями. У них преобладающе имеется только цитохромная система. Как увидим в дальнейшем, это и следовало ожидать.



Энзимы: ① - нитратредуктаза (цитохром) ЕС 1.9.6.1 , ② - нитритредуктаза (флавопротеид) ЕС 1.7.99.3 , ③ - редуктаза окиси азота (флавопротеид) ЕС 1.7.99.2

А. ПУТИ ЭЛЕКТРОНОВ ПРИ ДИССИМИЛЯТОРНОЙ ДЕНИТРИФИКАЦИИ



Энзимы: ① - нитратредуктаза ЕС 1.6.6.3 , ② - нитритредуктаза ЕС 1.6.6.4 , ③ - энзим не установлен, ④ - гипонитритредуктаза ЕС 1.6.6.6 , ⑤ - гидроксиламинредуктаза ЕС 1.7.99.1

Б. ПУТИ ЭЛЕКТРОНОВ ПРИ АССИМИЛЯТОРНОЙ ДЕНИТРИФИКАЦИИ

Для различения цитохромной (диссимиляторной) и флаво-протеидной (ассимиляторной) систем нитратовосстановления обычно применяют хлорат-тест или же блокируют транспортную цепь электронов (ТЦЭ) между флавопротеидами и цитохромами с уретаном, препаратом БАД, хлорпромадином или др. факторами. Все применяемые методы обладают известными недостатками, но главное можно считать доказанным: в типичных денитрификаторах, для которых нитратредукция не является случайностью, а эволюционно сложившейся необходимостью, существуют и действуют две системы нитратовосстановления, различающие между собой по материальному составу и функции.

Свойства компонентов систем нитратредукции

Особый интерес представляет для нас цитохромная система, отвечающая за диссимиляторную денитрификацию. Эта система включается в ТЦЭ на уровне *cyt b₁* у *Ps. denitrificans* [14], *E. coli* [15] и *Achromobacter* sp. [16]. У некоторых других денитрификаторов могут быть точкой расщепления другие цитохромы типа *b*, например *cyt b_d* у *M. denitrificans*. [17], но и типа *c* [18, 19, 20]. Особенно интересны в этом отношении *cyt c₅₅₁* и *cyt c₉₅₂* у *Ps. denitrificans*. По нашим данным, *cyt b* означает уровень действия цитохромной нитратредуктазы и у *Achr. agile*. Разнообразие и неполная специализированность бактериальных энзимных систем ярко выявляется у цитохромов факультативных анаэробов. Примером можно взять *Thiob. denitrificans* - у этой бактерии нитратредуктаза включается в ТЦЭ на уровне *cyt a₃* [22]. Как известно, обычно этот цитохром характерен для клеток, выращенных в аэробных условиях, так как его функцией является восстановление кислородной системы. Нами это показано относительно *Ps. denitrificans* и *Achr. agile*. Другим примером служат цитохромы группы *b*. Сложившиеся в аэробии как звенья цепи нормального дыхания, они в анаэробии могут, в частности у *Achr. agile*, переключаться на нитратовосстановление. О пластичности цитохромов факультативных анаэробов свидетельствует и факт

возможности трактовки кишечных бактерий в качестве денитрификаторов, несмотря на то, что по свойствам их естественной среды у них нет предпосылок для этого. Представление о полифункциональности и не слишком строгой специализации микробных цитохромов подтверждается еще данными, ссылающимися на возможность участия цитохромов в единичных случаях даже в ассимиляторном нитратовосстановлении [23]. Закономерным является все же включение ассимиляторных систем в ТЦЭ на уровне флавопротеидов [24].

Довольно интересные проблемы связаны и с нитритредуктазами денитрификаторов, прежде всего потому, что на их уровне возникает вопрос о возможности перемещения интермедиатов из одной системы в другую. Как мы уже видели, нитритредуктазы являются флавопротеидами в обоих путях. Разница состоит в том, что ЕС 1.6.6.4 является металлофлавопротеидом, ЕС 1.7.99.3 же обычно не содержит металла. На этой основе можно предполагать, что оба энзима работают раздельно, принадлежат к раздельным цепям. Такое предположение подтверждается тем, что ЕС 1.7.99.3 по значению E'_0 подходит к совместной работе с цитохромными нитратредуктазами (в качестве продукта возникает NO). Экспериментально приведенное заключение доказано на примере *E. coli* у которого $\text{cyt } c_{552}$ окисляется при добавлении в среду NO_2^- [25], а также на примере *Ps. denitrificans* [26]. Нитритредуктазная активность отмечена у *Ps. aeruginosa* даже у цитохромоксидазы дыхательной цепи [27]. Значительной является и возможность обратного перемещения функции - нитритредуктаза *M. denitrificans* выявляет *in vitro* цитохромоксидазную активность [28].

По взглядам некоторых авторов нитритредуктаза является эволюционно более молодым энзимом, чем нитратредуктаза. Это вполне вероятно, учитывая, что микробов, способных к нитратовосстановлению только до нитритов, значительно больше, чем истинных денитрификаторов.

Проблема воздействия кислорода

Проблема "отрицательной индукции" (вернее - репрессии)

нитратредуктазных систем кислородом воздуха имеет большое значение с точки зрения как теории, так и практики. Первые исследования до 1950-ых - 1960-ых годов в большинстве и исходили из практических соображений, так как вопрос был связан с проблемой потери азота из естественных субстратов, в частности из почвы. Относительно данного вопроса первые подходы, в зависимости от недостаточных биохимических знаний, имели суммирующий характер. Это, в свою очередь, не позволяло подойти к дешифровке истинных зависимостей и к трактовке полученных данных. Некоторые авторы получали результаты, подтверждающие предположение о подавлении денитрификации и сокращении потерь азота в аэробных условиях [29,30,31], другие же авторы не могли наблюдать такого эффекта в существенной мере [32,33].

Анализ более ранних, отчасти и новейших исследований показывает, что причины противоречивых данных могут быть различные. Более существенные из них следующие:

Часто измеряют денитрификацию только в валовом количестве и не вычисляют долей, падающих на единицу измерения численности клеток в единицу времени. Это особенно важно в растущих культурах, где для получения репрезентативных данных следует применять методы интегрального вычисления. Без этого нельзя получить сравнимые данные об активности процесса.

При физиологических работах довольно часто встречаемая ошибка состоит в слишком длительных временах экспозиции вне линейной зависимости процесса от времени.

Неучет существования двух систем нитратовосстановления в клетках денитрификаторов не позволяет различать истинную денитрификацию в узком смысле слова от ассимиляторного процесса.

Наконец, в особенности следует указать на неправильное применение понятий "индукция" или "репрессия". Дело в том, что до последнего времени в многих исследованиях не различают индукцию или репрессию (явления, связанные с белковым синтезом) и активацию или ингибирование (явления связанные

с изменением способностей уже существующих белков). Это приводит к путанице при трактовке по существу несопоставляемых и несравнимых данных.

Большинство работ по репрессии нитратовосстановления сделано на базе различных кишечных бактерий и некоторых других неспецифических денитрификаторов. Пипноти и Пиппо [34 / показали, что у различных представителей *Enterobacteriaceae* под влиянием кислорода возникают мутанты, лишенные как диссимиляторных, так и ассимиляторных систем нитратредукции. Хлорат-тестом доказано образование цитохромной нитратредуктазы у этих бактерий только в анаэробии.

Задерживающее активность цитохромной нитратредуктазы влияние со стороны молекулярного кислорода показано у *Fr. mirabilis* и *B.licheniformis* [35,36 / . С другой стороны, анаэробия как фактор активации нитратредуктазы указан у *Fr. stutzeri* и *Staph. aureus* [37,38 / .

Наши данные показывают, что вопрос о влиянии кислорода на нитратредуктазные системы имеет далеко не только количественные аспекты. Данные, приведенные и в настоящем сборнике (стр. 299), показывают, что активация цитохромов в анаэробии, т.е. качественное изменение, позволяет *Achr. agile* удовлетворяться относительно меньшими количествами цитохромов, нежели в анаэробии. Выходит, что меньшая энергетическая эффективность денитрификации, по сравнению с дыханием, в некоторой мере компенсируется увеличением количества нитратредуктазных цитохромов, в частности группы б. Интересно отметить, при этом, что в анаэробии часто не образуется цитохром a_1 . Благодаря этому, факультативные аэробы, выращенные в анаэробии, обнаруживают значительную ^{напряженность} потенциальную способность к дыханию (см.стр. 294)

По нашему мнению, серьезное внимание следует обратить на факт, что различные системы нитратредукции (ассимиляторная, диссимиляторная) в разных денитрификаторах находятся в состоянии различной развитости и активности. Относительно *Fr. denitrificans* и *Achr. agile* это показано нами, но об этом свидетельствуют и некоторые литературные данные [39/.

К тому же следует прибавить данные о различных мерах "отрицательной индукции" нитратредуктаз различных видов денитрификаторов. Можно сделать вывод, что современные экологические исследования должны учитывать биохимическую характеристику денитрификаторов. В различных субстратах, в частности почвах, доминируют различные денитрификаторы. Различными должны, поэтому, быть и эффекты от испытываемых воздействий, в первую очередь от аэрирования среды. Можно думать, что одной из главных задач почвенной микробиологии относительно денитрификаторов является определение преобладающих индикаторных форм этих микробов.

Зависимость результатов денитрификации от природы используемого энергетического вещества

Суммарная активность денитрификации вполне естественно зависит, кроме функционального состояния транспортной цепи, и от присутствия доноров электронов.

В более ранней литературе влияние количества и качества энергетических субстратов обсуждали довольно интенсивно, но так как биохимические механизмы процессов не были ясны, то не всегда исследователи пришли к правильным выводам. Примером можно привести мнение, что избыточное снабжение денитрификаторов глюкозой якобы значительно активирует денитрификацию [40]. В действительности же глюкоза вызывает, как теперь выяснено, прежде всего усиление гликолиза [41], в результате чего денитрификаторы, удовлетворяясь продуктами гликолитического фосфорилирования, уже не нуждаются в денитрификационной ТЦР. По Тиманну денитрификаторы в таких условиях только случайно используют нитраты вместо органических акцепторов электронов. Это нами отмечено и насчет старых клеток *Achr. agile*, содержащих много запасных веществ и переходящих в известном возрасте к эндогенному метаболизму. Такие данные находятся в соответствии с данными о том, что при изобилии глюкозы снижается активность энзимов цикла Кребса [42]. Цикл Кребса, как известно, требует для функционирования деятельности ТЦР "нормальной" или "нитратной" респирации. Поэтому, для активации денитрификации в качестве доноров электронов следует

применять интермедиаты цикла Кребса (цитрат, сукцинат, малат). Следует отметить, что полный цикл Кребса уже доказан у многих денитрификаторов [42,43].

Литература

- [1] J.Meiklejohn, Ann.Appl.Biol., 1940, 27, 558. - [2] A.Nason, H.Evans, J.Biol.Chem., 1953, 202, 655. - [3] A.Kluyver, Symp. VI Int.Congr.Microbiol., Microbial Metabolism, 71, 91. - [4] A.Kluyver, in : A.Kluyver and C. van Niel, "The Microbes' Contribution to Biology", Harvard Univ. Press, Cambridge (U.S.A.), 1956. - [5] F.Pichinoty, Bull. Soc.Français Physiol. Veg., 1966, 12, 97. - [6] F.Pichinoty, M.Piechaud, Ann.Inst.Pasteur, 1968, 114, 77. - [7] I.van'T Riet, A.Stouthamer, R.Planta, J.Bacteriol., 1968, 96, 5, 1455. - [8] V.Tohver, X Congr.Int.Microbiol., Mexico, 1970. Resumenes, 40. - [9] D.J.D.Nicholas, A.Nason, J.Biol.Chem., 1954, 211, 183. - [10] A.Paneque, J.M.Ramirez, F.F.Del Campo, M.Losada, J.Biol.Chem., 1964, 239, 1737. - [11] M.Piechaud et al., Ann.Inst.Pasteur, 1967, 112, 1, 24. - [12] F.Pichinoty et al., Ann.Inst.Pasteur, 1969,116, 1, 27. - [13] E.Murray, B.Samval, Canad. J.Microbiol., 1963, 9, 6. - [14] L.Vernon, J.Biol.Chem., 1956, 222, 10, 1035. - [15] E.Itagaki, T.Fujita, R.Sato, J.Biochem., 1963, 53, 5, 389. - [16] K.Arima, T.Oka, J.Bacteriol., 1965, 90, 3, 734. - [17] K.Hori, J.Biochem., 1961, 50, 5, 440.- [18] K.Hori, J.Biochem., 1963, 53, 5, 354.- [19] P.Scholes, L.Smith, Biochim. biophys. acta, 1968, 153, 2, 350. - [20] Y.Konishi, H.Yonetsu, PM 1972, 20653. - [21] M. Miyata, T.Mori, J.Biochem., 1968, 64, 849. - [22] T.Feeters, M.Aleem, Arch.Mikrobiol., 1970, 71, 4, 319. - [23] R.Garret, A.Nason, J.Biol.Chem., 1969, 244, 11. - [24] B. Radcliffe, D.Nicholas, Biochim. biophys. acta, 1970, 205, 2, 273. - [25] J.Cole, Biochim. biophys. acta, 1968, 162, 3, 356. - [26] H.Iwasaki et al., J.Biochem., 1963, 53, 299. - [27] T.Yamanaka, K.Okunuki, Biochim. biophys.acta, 1963,

67, 407. - [28] J.Lam, D.Nicholas, Biochim.biophys.acta, 1969, 172, 3, 450. - [29] B.Lloyd, J.Cranston, Biochem. J., 1930, 54. - [30] С.Г.Русакова, В.С.Буткевич, Микробиология, 1941, 10, 2. [31] L.Sacks, H.Barker, J.Bacteriol., 1949, 58, 1. - [32] R.O.Marshall et al., F.Bacteriol., 1953, 66, 3, 254. - [33] J.N.Carter, F.E.Allison, Soil Sci., 1960, 90, 3, 173. - [34] F.Pichinoty, M.Chippaux, Ann.Inst.Pasteur, 1969, 117, 2, 145. - [35] H. de Groot, A.Stouthamer, Biochim.biophys. acta, 1970, 208, 114. - [36] I.Shulp, A.Stouthamer, J.Gen.Microbiol., 1970, 64, 2, 195. - [37] T.Kodama, T.Mori, Bot. Mag., Tokyo, 1969, 82, 974, 368. - [38] J.Chang, J.Lascelles, Biochem.J., 1963, 89, 3, 603. - [39] F.Pichinoty, Arch.Mikrobiol., 1970, 71, 2, 116. - [40] М.П.Корсакова, Микробиология, 1948, 17, 6, 488. - [41] P.du Toit, D.Toerien, T.Davies, Water Res., 1970, 4, 2, 149. - [42] P.Forget, F.Pichinoty, Ann. Inst. Pasteur, 1965, 108, 3, 364. - [43] P.Forget, F.Pichinoty, Ann.Inst.Pasteur, 112, 3, 261.

ДИНАМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ ПОЧВЫ КАК РЕГУЛЯТОР ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ КРУГОВОРОТ АЗОТА.

А.А.Памин

ВНИИ с/х микробиологии

В образовании естественно-исторического биокосного тела — почвы /как составной части биосферного/ — участвует ряд факторов: климат, живые организмы, материнская порода и др. Являясь результатом совокупного действия многих факторов-почвообразователей, колеблющихся в определенных пределах по интенсивности и направлению, почва тем не менее обладает большой стабильностью, которая носит характер динамического равновесия /гомеостаз/. Так, в почвах на протяжении по крайней мере десяти-сотен лет поддерживается стабильность содержания гумуса, общего азота и отношения углерода к азоту /10, 20, 21, 22, 26, 29/.

При изменении одного или нескольких факторов-почвообразователей /климата, водно-воздушного режима, растительного покрова и др./ почва изменяется и приходит в состояние нового динамического равновесия /слагывается новый биосферный/. Например, при распаде целины наблюдается быстрая потеря гумуса /20, 22, 23, 27/, затем в обрабатываемых почвах скорость потери гумуса замедляется и наступает новое равновесие, которое зависит от культуры, сроков уборки, числа рыхлений и т.п. /16, 27/. Повысить в обрабатываемой почве, находящейся в состоянии динамического равновесия, содержание гумуса и общего азота с помощью удобрений, особенно минеральных, как правило не удается /12, 15, 18, 28/. Это свидетельствует о том, что почва является саморегулирующейся системой, способной в определенных пределах сохранять свою стабильность.

Одним из главных факторов образования и жизни почв являются живые организмы, в том числе почвенная микрофлора. Представители гетеротрофных организмов — микроорганизмы — выполняют важную роль в биогенном круговороте элементов. Почвенные животные выполняют главным образом механическую функцию /измельчение растительных остатков, перемешивание их с почвой и др./; микроорганизмы /в том числе и грибы/ играют главную роль в химическом разложении органических веществ с промежу-

точной стадией образования гумуса /перегноя/ - в выполнении функции разложения-синтеза органического вещества в почве. Осуществляя функцию разложения-синтеза органического вещества в почве, микроорганизмы завершают минерализацию органических веществ растительных остатков и тем самым высвобождают биогенные элементы для использования растениями в новом цикле.

Для обеспечения надежности существования жизни на нашей планете деятельность почвенной микрофлоры должна также характеризоваться высокой степенью надежности. Под надежностью в применении к почвенной микрофлоре следует понимать способность микрофлоры нормально и бесперебойно выполнять свою основную функцию - разложение-синтез органического вещества - в весьма различных и непрерывно меняющихся условиях почвы.

Применение критерия надежности позволяет глубже понять особенности строения и биохимии клеток микроорганизмов, а также строение и функционирование микробного сообщества почвы. Выполнению микроорганизмами своей основной функции с максимальной степенью надежности способствуют относительная простота их строения, малые размеры, огромная удельная поверхность клеток, повсеместность их распространения /вездесущность/.

Надежность выполнения основной функции достигается также сочетанием полифункциональности и функциональной избыточности микрофлоры, специализации и подчинения принципу оптимальности /13, 14/.

Как средство повышения надежности выполнения микрофлорой своей основной функции в разнообразных почвенных условиях можно рассматривать и вероятностно-статистический характер деятельности микроорганизмов в почве. Разнообразие условий, в которых приходится работать почвенной микрофлоре, обуславливается мозаичностью и динамичностью микроклиматических условий, гетерогенностью почвы /в горизонтальном и вертикальном направлениях/, пестротой растительного покрова и т.д.

Большому разнообразию внешних условий соответствуют огромные потенциальные возможности почвенной микрофлоры. Конкретное сочетание внешних условий в определенном момент времени в определенном участке почвы позволяет микрофлоре реализовать не-

которые из своих богатых потенциальных возможностей, то-есть, микрофлора проявляет себя, функционирует как конституционная часть почвы. На изменение внешних условий почвенная микрофлора реагирует не беспорядочно, хаотически, а строго закономерно, однако связь здесь не жестко детерминированная, а вероятностно-статистическая.

Рассмотрим более подробно почвенно-микробиологические процессы цикла азота. В почвах широко распространены как возбудители азотфиксации и денитрификации, так и соответствующие процессы /5, II, I7/. Сделаем простой расчет. Примем азотфиксацию равной очень малой величине: 10 кг азота на 1 га за 1 год. При такой скорости обогащения почвы азотом за 1000 лет содержание в ней азота должно возрасти на 10 т азота на га, а через 10000 лет на 100 т. Ничего подобного в минеральных почвах не наблюдается, хотя фиксация азота атмосферы в некоторых из них совершается в гораздо больших, чем мы предположили, масштабах. Это противоречие можно объяснить, во-первых, одновременным протеканием в почве двух взаимно противоположных процессов азотфиксации и денитрификации /точнее: процессов обогащения почвы азотом и процессов обеднения почвы азотом/ и, во-вторых, тем, что скорости этих процессов подчиняются закону динамического равновесия почвы и направлены на сохранение этого равновесия.

Таким образом, содержание в почве общего азота и гумуса нельзя объяснять только их накоплением, содержание в почве азота и гумуса есть результат взаимодействия многих противоположных процессов, как накопления, так и расходования.

Скорости азотфиксации и денитрификации непосредственно зависят в основном от соотношения двух факторов - содержания в почве легкоразлагаемых органических веществ и от содержания минеральных азотистых веществ /3, 6, 19, 25/. Денитрификация зависит также от величины окислительно-восстановительного потенциала среды, однако последний, в свою очередь, зависит от характера и скорости микробиологических процессов, то-есть тоже от количества легкоразлагаемых органических веществ. Причем микробные культуры почвы всегда являются резко редуцирующими системами /7, 9/.

Соотношение в почве легкоразлагаемых органических веществ и минерального азота определяет интенсивность различных процессов цикла азота: денитрификации, симбиотической и несимбиотической азотфиксации, иммобилизации, а также интенсивность абiotических процессов - вымывания, необменного поглощения почвой аммония и др. В присутствии растений минеральные азотистые вещества интенсивно поглощаются ими. При внесении минеральных азотных удобрений под бобовые культуры затрудняется образование клубеньков на корнях и сокращается симбиотическая азотфиксация /1,4,8/.

Норман /24/ подчеркивал неустойчивость в почве нитратов, как конечных продуктов закономерного хода почвенных процессов минерализации органического вещества; образовавшиеся нитраты должны быть удалены из почвы любым из трех путей: путем поглощения корнями растений, путем вымывания или путем денитрификации. В конкретных условиях один из этих путей может доминировать. Так, по данным Бобринской и Москаленко /2/ супесчаная почва в состоянии пара может потерять до 108 кг азота на I га. Захарова /6/ подметила обратную связь между потреблением нитратов растениями и численностью денитрификаторов в почве: чем меньше потребление растениями и чем, следовательно, больше остается в почве нитратов, тем энергичнее идет процесс денитрификации.

Связь между наличием в почве легкоразлагаемого органического вещества и нитратов и реакцией почвы направленной на сохранение равновесия, можно проиллюстрировать схемой:

Наличие легко-разлагаемого органического вещества	Наличие в почве нитратов	Реакция почвы /биогеоценоза/
+	+	денитрификация, потребление растениями
+	-	несимбиотическая фиксация азота
-	+	вымывание, потребление растениями
-	-	симбиотическая фиксация азота

Таким образом, легкоразлагаемые органические вещества и минеральные азотистые вещества выполняют в почве определенную информационную роль /подобно гормонам в организме животных/ и участвуют в регулировании различных микробиологических процессов, в частности, цикла азота, направленных на поддержание динамического равновесия устойчивой системы — почвы.

Правильно понять и оценить роль микробиологических процессов цикла азота в почве можно только с точки зрения их участия в механизмах поддержания равновесия почвы. Деление единой и взаимосвязанной деятельности почвенной микрофлоры на "полезные" и "вредные" процессы отражает интересы земледелия, но не соответствует природным закономерностям почвы. Для дальнейшего совершенствования практики применения минеральных удобрений необходимо учитывать тесную взаимосвязь отдельных микробиологических процессов в почве, подчинение деятельности микрофлоры, как конституционной части почвы, законам динамического равновесия почвы и информационную роль минеральных азотных веществ в почве.

При внесении азотных, а также и других минеральных удобрений в почву одновременно поступает определенная информация-команда, которая мобилизует все почвенные процессы /точнее: все компоненты биогеоценоза/ против сил, нарушающих динамическое равновесие почвы /биогеоценоза/. Усиленный рост растений /вынос с урожаем избыточных количеств минеральных азотистых и других элементов/ можно рассматривать как одно из проявлений защитной реакции почвы /биогеоценоза/. Однако кроме этой, выгодной для сельскохозяйственной практики реакции, в почве активизируются и другие процессы, направленные на восстановление нарушенного равновесия /денитрификация, вымывание, подавление азотфиксации и др./, которые приводят к потерям минеральных удобрений и снижают их эффективность.

Одним из путей решения этого противоречия может быть применение таких форм удобрений или таких систем удобрений, которые не приводят к значительному увеличению концентрации в почве минеральных форм азота и других элементов /медленно действующие азотные удобрения, подкормки и др./.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Базырина Е.Н., Конокотина А.Г., Ковалева В.И. 1949. Тр ВНИИ с.-х. микробиол. за 1941-1945 гг. Сельхозгиз. М. II3-II9. —
2. Бобрицкая М.А., Москаленко Н.Н. 1968. Третий делегатский съезд почвоведов. "Наука". М. II5-II0. — 3. Виноградский С.Н. 1952. Микробиология почвы. Изд. АН СССР. М. — 4. Доросинский Л.М., Лазарева Н.М., Шагин А.А. 1960. Агробиология. № 4 /124/, 594-602. — 5. Емцев В.Т., Львов Н.П. 1965. Изв. ТСХА, № 3, II7-II5. — 6. Захарова Т.М. 1929. Тр. НИУ, вып. 60. М. — 7. Захарьевский М.С. 1967. Оксредметрия. "Химия", Ленингр. отд. — 8. Петербургский А.В. 1967. На гелльриге - левском симпозиуме. Хроника. Агрохимия. № 4, I5I-I55. — 9. Рабинович В.А. 1955. ДАН СССР, I03, 305. — 10. Рассел Э. 1955. Почвенные условия и рост растений. ИЛ. М. — 11. Рахно П.Х. 1964. Сезонная количественная динамика почвенных бактерий и факторы, обуславливающие ее. Таллин. — 12. Тюрин И.В. 1956. Почвоведение, № 3. — 13. Шагин А.А., Былинкина В.Н. 1971. Микробиологические основы повышения плодородия почв. Сб. статей. Ленинград. 5-22. — 14. Шагин А.А. 1971. Там же. 23-34. — 15. Шевцова Л.К. 1966. "Удобрение и плодородие почв". Под ред. П.Г. Найдина. "Колос". М. I69-I88. — 16. Эндрюс У.Б. 1959. Применение органических и минеральных удобрений. ИЛ. — 17. Allison F.E. 1964. Soil and Fertilizer Nitrogen Research Symposium Proceedings. The Tennessee Valley Authority. Wilson Dam, Alabama. 1-17. — 18. Cooke G.W. 1957. J. Royal Agr. Soc. England, 118, 131. — 19. Delwiche C.C., Wilier J. 1956. Plant and Soil. 7, N 2, 113-129. — 20. Hobbs J.A., Brown P.L. 1957. Agr. J. 49, N 5. — 21. Holtz H.F., Vandecaveye S.C. 1938. Soil Sci. 45, 143-163. — 22. Keeney D.R., Bremner J. 1964. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 28, 653. — 23. Martin A.E., Cox J.E. 1956. Austral. J. Agric. Res. 7, N 3, 169-183. — 24. Norman A.G. 1964. Soil and Fertilizer Nitrogen Research Symposium Proceedings. The Tennessee Valley Authority. Willson Dam, Alabama. 68-74. — 25. Odu C.T., Vine H. 1968. Isotopes and Radiat. Soil Organic-Matter Studies. Vienna. 335-350. — 26. Stevenson F.J. 1959. Soil Sci. 88, 201. — 27. Thompson L.M. 1957. Soil and Fertility. Mc Graw Hill Book Co, INC. N.-Y., Toronto, London. — 28. Truog E. 1951. Mineral Nutrition of Plants. Richmond, Virginia. — 29. Waksman S.A. 1952. Soil Microbiology.

I секция ЭКОЛОГИЯ АММОНИФИКАЦИИ,
НИТРИФИКАЦИИ И ДЕНИТРИФИКАЦИИ

О РОЛИ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ В ПРОЦЕССЕ АММОНИФИКАЦИИ В САДОВЫХ ПОЧВАХ УКРАИНЫ

В.Ф.Павленко

Украинский научно-исследовательский институт садоводства

Минерализация белковых соединений в почве обусловлена действием протеолитических ферментов, продуцентами которых в основном являются микроорганизмы, в том числе и грибы. Эти ферменты расщепляют молекулу белка до пептонов, пептидов и в конечном итоге до свободных аминокислот, которые подвергаются дезаминированию с освобождением аммиака (5).

Протеолитическая способность среди грибов распространена широко (6) и в настоящее время протеолитические ферменты выделены из многих видов их (2,3). Однако, как видно из литературных данных, обобщенных В.Билай (2) и Т.Билай (3), поиск грибов-продуцентов протеолитических ферментов и выделение протеаз было проведено исключительно с целью использования последних в пищевой промышленности и медицине. Роль же грибов, образующих эти ферменты, в процессе аммонификации в почвах почти не исследовалась. Это, очевидно, с одной стороны, было обусловлено господством двух противоположных взглядов на процесс аммонификации с точки зрения участия в нем различных групп микроорганизмов, а с другой, развитием в основном эколого-географического и систематического направления в изучении микофлоры.

Между тем об участии грибов в процессе аммонификации было известно еще в конце прошлого и начале настоящего столетия (8,9,II). Более энергичное выделение аммиака при разложении белка грибами по сравнению с бактериями объяснялось особенностями энергетического баланса у грибов (4,8).

К наиболее активным аммонификаторам среди грибов относятся виды из рр. *Mucor*, *Trichoderma*, *Penicillium* (7), особенно сильной аммонифицирующей способностью харак-

теризуется T.koningi (12). Активность аммонификации зависит от вида микроорганизма и природы субстрата (10).

По данным Е. Мишустина и В. Емцева (5), наряду с бактериями практически все грибы и актиномицеты могут разлагать белки. Таким образом, по современным представлениям процесс аммонификации не является специфичным.

Роль грибов в процессе аммонификации особенно возрастает в почвах с кислой и слабокислой реакцией, при компостировании кислых торфов, где они являются основными возбудителями указанного процесса (1,7).

Особое значение приобретает разработка приемов управления и усиления процесса аммонификации в почвах отдельных садоводческих зон Украины, где, с одной стороны, какой формой минерального азота питается плодовое дерево зависит не только урожай, а и физиологическое состояние его, а с другой — потери этого элемента от вымывания. Однако без знания особенностей развития аммонифицирующей микрофлоры, роли отдельных представителей в этом процессе вряд ли можно рассчитывать на успешное решение этой проблемы.

Изучая основной состав микрофлоры почв плодовых насаждений Украины и учитывая то, что в аммонификации могут принимать участие виды, которые образуют протеолитические ферменты, нами проведен качественный отбор этих видов. Протеолитическая способность изучена почти у 1000 культур грибов. Отобраны наиболее активные виды для дальнейшего исследования. С целью определения их аммонифицирующей активности в почве проведены лабораторные (стерильные и нестерильные) и вегетационные опыты. Почва искусственно обогащалась различными дозами определенных видов грибов. Последние вносили как в чистую почву, так и в почву с добавлением пептона.

Для выяснения роли грибов в превращении органических форм азота в торфе, используемом на удобрение садов, последний также обогащали отдельными видами их. В почве (до и после стерилизации) и торфе определяли содержание подви-

ных форм питательных веществ и состав микрофлоры. За одну дозу гриба условно принято содержание всей микрофлоры в почве и торфе, взятых для опытов. В последних использовали чернозем типичный, дерново-подзолистую почву и низинный торф. Аммонифицирующую способность грибов оценивали по величине накопления в почве и торфе аммиачного азота.

Полученные данные свидетельствуют о том, что грибы, образующие протеолитические ферменты, широко распространены в садовых почвах Украины и встречаются среди представителей рр. *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Trichoderma* и порядка *Mucorales*. Однако протеолитическая активность была неодинаковой как у разных видов, так и у разных штаммов одного и того же вида. По степени разжижения желатины изученные виды можно разделить на 4 группы. К первой группе отнесены наиболее активные виды, к четвертой — неактивные.

Чтобы сравнить насколько увязана протеолитическая способность грибов с их ролью в процессе аммонификации приведем отдельные данные опытов хотя бы по 2 видам их. Один из видов — *Penicillium notatum* 2772 характеризуется высокой протеолитической активностью, а *Penicillium* sp. 3577 — менее активен (табл. I).

Из данных таблицы I видно, что характер превращения азота был неодинаковым в стерильной и нестерильной почве и зависел как от вида гриба, степени насыщения им почвы, так и от активности развития естественной микрофлоры (нестерильные опыты). Характерно, что в нестерильной почве максимальное накопление аммиачного азота наблюдалось в первые две недели опыта. В стерильной же почве аммонификация органических соединений азота проходила несколько медленнее и была обусловлена действием внесенного вида. Количество аммиачного азота, накопившегося в некоторых опытных вариантах, превышало контроль в 2–3 раза. В обоих случаях оптимальным оказался вариант с 8 дозами гриба, а максимальная активность наблюдалась в вариантах с пептоном.

Сопоставление количества освобожденного аммиачного

I. Содержание аммиачного азота в черноземе типичном при инокуляции его некоторыми видами грибов, мг. на 100 г абсолютно сухой почвы

		мг. на 100 г абсолютно сухой почвы			
Варианты		: Нестерильная : Стерильная			
		: почва : почва			
		: Сроки анализа после инокуляции			
		: почвы грибом, дней			
		: 15	: 30	: 30	: 45

Penicillium notatum 2772

Чистая почва-контроль	5,3	7,9	13,8	14,3
Почва + I доза гриба	9,8	11,5	12,6	16,5
Почва + 2 дозы гриба	10,1	12,8	16,4	21,1
Почва + 8 доз гриба	15,0	18,0	27,6	33,1
Почва + 1% пептона-фон	89,3	63,3	14,2	12,9
Фон + I доза гриба	88,7	69,9	36,9	31,3
Фон + 2 дозы гриба	90,1	66,8	29,4	40,1
Фон + 8 доз гриба	119,5	87,7	49,8	61,1

Penicillium sp. 3577

Чистая почва-контроль	5,3	7,9	13,8	14,3
Почва + I доза гриба	6,2	7,8	13,5	14,9
Почва + 2 дозы гриба	7,7	9,1	14,9	18,5
Почва + 8 доз гриба	10,1	14,9	29,9	26,1
Почва + 1% пептона-фон	89,3	66,3	14,2	12,9
Фон + I доза гриба	86,5	63,3	30,4	29,8
Фон + 2 дозы гриба	89,9	65,8	26,8	34,4
Фон + 8 доз гриба	99,5	80,2	37,0	40,6

азота в опытах с изученными грибами дает основание считать, что между протееолитической активностью и способностью грибов участвовать в процессе аммонификации существует тесная взаимосвязь.

В торфе, обогащенном 4 дозами гриба *T. lignorum* 443 содержание минерального азота через два месяца компостирования превышало контроль в 3 раза, а при внесении этого компоста под яблоню — в 2,2 раза (вегетационный опыт).

Таким образом, полученные данные, которые в настоящей

работе приведены только по 3 видам грибов, дадут нам основание отнести все виды их, образующие протеолитические ферменты, к аммонификаторам. Эти материалы также в какой-то мере позволяют наметить пути направленного регулирования азотного питательного режима в почве и торфе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аристовская Т.В. Микробиология подзолистых почв. Изд. "Наука", М., -Л., 1965.
2. Билай В.И. Биологически активные вещества микроскопических грибов. Изд. "Наукова думка", К., 1965.
3. Билай Т.И. Метаболиты почвенных микромицетов. Изд. "Наукова думка", К., 1971.
4. Буткевич В.С. Избр. тр., т. I. Изд. АН СССР, М., -Л., 1957.
5. Мишустин Е.Н., Емцев В.Г. Микробиология. Изд. "Колос", М., 1970.
6. Пшон Ж., Г. Де Баржак. Почвенная микробиология. Изд. ИЛ., М., 1960.
7. Частухин В.Я., Николаевская М.А. Биологический распад и ресинтез органических веществ в природе. Изд. "Наука", Л., 1969.
8. McLean H.C., Wilson G.W. N.J. Agr. Exp. Sta. Bull., v. 270 1914.
9. Muntz A.C.R. Acad. Sci., v. 116, 1893.
10. Voets, de Borger, Coolsaet. Rev. Ferm. et Ind. Alim. v. 10, 1955.
11. Waksman S.A. Jour. Amer. Chem. Soc., v. 39, 1917.
12. Waksman S.A. Soil Sci., v. 58, 1944.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СОДЕРЖАНИЕ АММИАЧНОГО И НИТРАТНОГО АЗОТА В ПОЧВЕ БЕЗ РАСТЕНИЙ

П. Рахно, Л. Сирп

Институт экспериментальной биологии АН ЭССР

Целью данного исследования было выявление изменений в содержании соединений почвенного азота и связи этих изменений с различными факторами. Пробы для исследования брали из пяти биометров, заполненных приблизительно тремя тоннами просеянной и тщательно перемешанной почвы, различных почвенных районов Эстонской ССР / I /. I и V биометры заполнялись дерново-карбонатной суглинистой почвой, причем V биометр покрывался подвижной крышей, II - дерново-карбонатной супесчаной, III - дерново-среднеподзолистой и IV - торфяной почвой. Пробы для анализов брали с января 1965 по апрель 1968 года дважды в месяц в течение всего года в трех повторностях с глубины 5 см. За время исследований взято 1005 почвенных проб, в которых определяли содержание азота: общего /по Кьельдалу/, подвижного /методом Крезге-Меркле/, аммиачного /колориметрически реактивом Несслера/ и нитратного /колориметрически салицилатом натрия/. Одновременно определяли также количество аммонифицирующих, нитрифицирующих, денитрифицирующих, аэробных целлюлозоразлагающих бактерий, азотобактера и *Clostridium Pasteurianum* грибов и водорослей по общепринятым методам разведений и посевов / 2 /.

В течение периода исследований обнаружены значительные колебания количества аммонифицирующих бактерий. В 1965 г. их численность колебалась в пределах 5-6 млн. на 1 г абс. сухой почвы, а с января 1966 г. стала возрастать и достигла вскоре 15-16 млн. /рис. I /. При рассмотрении динамики изменения количества аммонифицирующих бактерий в зависимости от колебаний температуры, влажности почвы и сезонов выяснилось, что в данном случае эти факторы не оказывают существенного

влияния на динамику численности бактерий. Однако, как показал предварительный корреляционный анализ данных 1965 и 1966 гг., численность аммонифицирующих бактерий находится в тесной корреляции с общепринятыми показателями солнечной активности /числом Вольфа/, причем средний коэффициент корреляции в эти годы равнялся 0,60.

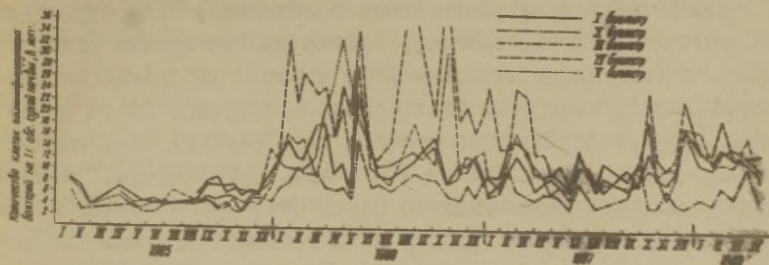


Рис. 1. Численность аммонифицирующих бактерий в млн/1 г абс. сухой почвы в 1965 – 1968 гг.

Полный корреляционный анализ охватывает результаты всех микробиологических и химических исследований, причем отдельно по биотрам, а также по промерзшим и незамерзшим почвам. Оказывается, что в промерзших почвах между численностью аммонифицирующих бактерий и содержанием аммиачного азота имеется явная положительная корреляция. Отсюда следует, что аммонифицирующие бактерии способны образовывать аммонии из органики и в промерзших почвах, поскольку попадание аммиачного азота в почву в условиях промерзания совершенно исключено.

Отсутствие положительной корреляции между численностью аммонификаторов и содержанием аммиачного и нитратного азота в незамерзших почвах можно объяснить интенсивностью биологических и ферментативных процессов в условиях умеренной температуры. Образующийся азот сразу используется различными микроорганизмами. Заслуживает внимания наличие достоверной корреляции между численностью аммонифицирующих и нитрифицирующих и целлюлозоразлагающих бактерий в незамерз-

ших почвах. Корреляция с числом Вольфа здесь снизилась до предела достоверности, что, по-видимому, является следствием слишком высокой активности солнца /повышение числа Вольфа выше 100 – это имело место в 1967 и 1968г./, которая оказывает стрипательное воздействие на численность аммонифицирующих бактерий.

В содержании аммиачного азота в отдельные годы существенных изменений не наблюдалось, однако на протяжении одного года они были значительными. Хотя в почвы удобрений не вносились, содержание аммиачного азота в торфяной почве колебалось от 0,5 до 25 мг, а в более плодородных карбонатных почвах – от 0,5 до 11 мг на 100 г абс. сухой почвы. Максимальное содержание аммиачного азота отмечено в зимние месяцы в промерзших почвах, когда использование его было замедленным, минимальное же – весной, в апреле и мае.

Данные корреляционного анализа по содержанию аммиачного азота как в промерзших, так и в незамерзших почвах, показывают, что в течение периода исследований оно находилось в тесной отрицательной корреляции с солнечной активностью. В случае промерзших почв достоверная положительная корреляция наблюдалась между содержанием аммиачного азота и влажностью почвы. Все остальные показатели корреляции как для промерзших, так и незамерзших почв достоверны только в некоторых почвенных разностях, на основании чего можно сделать вывод о зависимости содержания аммиачного азота от особенностей почвы.

Значительные колебания в течение исследований наблюдались и в численности нитрифицирующих бактерий. Однако они имели место более или менее одновременно во всех почвах. Как показывают данные корреляционного анализа, содержание нитрифицирующих бактерий находилось в корреляции с солнечной активностью.

В незамерзших почвах количество нитрифицирующих бактерий находилось в положительной корреляции также с количеством аммонифицирующих и аэробных целлюлозоразлагающих бактерий. Оказывается, что условия, подходящие для развития нитрифи-

каторов, благоприятны и для развития других групп бактерий. Однако при увеличении численности бактерий в почве увеличивается также их потребность в соединениях аммиачного и нитратного азота, превращаемых ими в основном в органический азот. Подобное предположение подтверждается отрицательной корреляцией между количеством нитрифицирующих бактерий и содержанием в почве аммиачного и нитратного азота.

Значительные колебания наблюдались и в содержании нитратного азота в течение всего периода исследований.

Несмотря на то что почва биометров не удобрялась и они содержались все время без растительности, содержание нитратного азота в типичной дерново-карбонатной почве I биометра колебалось от I до 12 мг на 100 г почвы. В той же почве затемненного варианта /У биометр/ колебания содержания нитратного азота были еще большими — от I до 25 мг на 100 г почвы. Наибольшим оказалось содержание нитратного азота в торфяной почве /от 2 до 48 мг на 100 г почвы/, а наименьшим в кислой дерново-ползolistой почве III биометра.

Из диаграммы 2 видим, что в биометрах I — IV, несмотря на агрохимические различия этих почв, увеличение и уменьшение содержания нитратного азота происходило в общем одновременно, причем в летние месяцы содержание нитратов было выше, чем в зимние месяцы. В почве У биометра содержание нитратного азота в среднем было значительно больше, чем в той же почве открытого варианта и максимальное оно было в зимние месяцы.

В общем содержание нитратного азота в почвах биометров было высокое, по-видимому, потому что они находились без растительности, ввиду чего потребителями азота были только микроорганизмы.

Данные корреляционного анализа по сравнению содержания нитратного азота в промерзших и незамерзших почвах с другими факторами показывают, что в промерзших почвах и в покрытой крышей незамерзшей почве У биометра, где было исключено вымывание нитратов, содержание нитратного азота достоверно коррелировало с показателем солнечной активности. В неза-

мерзших почвах I - IV биометров содержание нитратного азота находилось в положительной корреляции с температурой и в отрицательной корреляции с влажностью почвы. Отсюда можно заключить, что в открытых биометрах нитратный азот дождевой водой вымывается в нижние слои почвы, откуда при высыхании почвы в месте с капиллярной водой снова поднимается в поверхностные слои. В почве V биометра соответствующие коррелятивные связи отсутствовали, поскольку здесь вымывания вследствие умеренного искусственного полива не могло быть.

Самое низкое содержание нитратного азота в почве наблюдается весной и осенью, что, по всей вероятности, является следствием вымывания нитратов. В эти периоды может иметь место и денитрификация, хотя коррелятивные отношения между количеством денитрифицирующих бактерий и содержанием нитратного азота в почве отсутствуют.

Влияние активности солнца на численность почвенных микроорганизмов и на содержание соединений азота в почве было очевидным, хотя механизм такого влияния пока не установлен.

Литература

1. Рахно П.Х., 1968. О пробах почвы для микробиологических анализов. Почвоведение № 7, 170 - 173.
2. Рахно П., Аксель М., Сирп Л., Рийс Х., 1971. Динамика численности почвенных микроорганизмов. Таллин.

Г.Я.Чесняк и М.Б.Петренко

Развитие нитрифицирующих бактерий в почве связано с целым рядом условий, определяющих положительные свойства почвы. В частности, большое значение для этих бактерий имеют органические соединения /Шук, 1924; Рубан, 1961 и другие/.

Бессменное выращивание сахарной свеклы на мощном черно-
земе Харьковской области приводит к снижению численности
нитрифицирующих бактерий. Снижается также и нитрификацион-
ная способность почвы /табл. I/. Цифры, приведенные в таб-
лице I, показывают, что в начале вегетационного периода
почвы из-под озимой пшеницы, кукурузы и сахарной свеклы
существенно не отличаются по содержанию нитратного азота.

Влияние бессменных сельскохозяйственных культур на нитрификационную способность мощного чернозема /слой 0-25 см/, Роганский почвенный стационар, май 1970 г.

Вариант опыта	: C_{10} в мг на кг : : почвы :			: Обрезание C_{10} при : : компостировании :			
	до ком-	дни после	через 14 дн:	через 30 дн			
	постиро-	компостиро-	мг/кг:	% от	мг/кг:	% от	
	вания :	вания :	исход :	исход :	исход :	исход :	
	:	14 :	30 :	:	ного :	:	ного :
Поле севооборота после культур сплошного сева	34	162	168	128	376	134	394
Поле севооборота после пропашных	30	130	142	100	333	112	373
Озимая пшеница	20	172	177	152	760	157	785
Кукуруза	29	112	109	83	286	80	276
Сахарная свекла	25	97	92	72	288	67	268

Его содержание несколько ниже под озимой пшеницей. По-видимому, это связано с тем, что к весне эта культура представлена вегетирующими растениями, способными выносить из почвы элементы питания.

Нитрификационная способность заметно выше в почве под озимой пшеницей – культурой сплошного сева. Самое низкое количество нитратного азота накапливается под бессменной сахарной свеклой. Энергия нитратонакопления под этой культурой ниже, чем в парующей почве из севооборота /табл.2/ и примерно такая, как в почве бессменных паров.

Таблица 2

Нитрификационная способность мощного чернозема в бессменных парах /слой 0–25 см/, Роганский стационар, май 1970 г.

Варианты опыта	: NO_3^- в мг на кг почвы			: Образование NO_3^- при компостировании			
	: до компостирования			: мг/кг: % от: мг/кг: от:			
	: вания			: :исхо: :исход:			
	: 14			: 30 : через 14 дн : через 30 дн			
Пар из севооборота	30	130	142	100	333	112	373
Пар "Твердый" бессменный	20	81	83	61	305	63	315
Пар черный бессменный	26	78	80	52	200	54	208

Самое низкое количество нитратного азота обнаружено в "твердом" пару, который не подвергается обработке и лишен какой-либо растительности. Черный бессменный пар, который отличается от "твердого" лучшей аэрацией, обладает несколько большим количеством нитратного азота, но энергия нитратонакопления в нем самая низкая, по-видимому, из-за самого низкого содержания общего азота в почве.

Под бессменными пропашными культурами энергия нитратонакопления ниже, чем под культурами сплошного сева, следовательно, под последними создается более высокий резерв подвижного азота. В табл.3 приведены данные о содержании гумуса под изучаемыми культурами. На первый взгляд может показаться, что под озимой пшеницей содержание гумуса повы-

шается, но статистическая обработка позволяет говорить только о тенденции к повышению. Существенно изменяется содержание гумуса только под сахарной свеклой - оно заметно ниже, чем в почве под кукурузой и озимой пшеницей. Возможно, это связано с тем, что сахарная свекла оставляет после се-

Таблица 3

Влияние сельскохозяйственных культур на содержание гумуса в мощном черноземе

Культура	Глубина, см	% гумуса к абсолютно сухой почве				разница за 1955-1965 гг.	Критерий существенности
		1955	1961	1965	1969		
Озимая пшеница	0-25	5,22	5,25	5,35	5,34	+0,13	1,4
	25-35	4,70	4,77	4,84	5,15	+0,14	0,6
Кукуруза	0-25	5,51	5,38	5,33	5,30	-0,18	1,3
	25-35	5,26	4,90	4,84	4,90	-0,42	4,2
Сахарная свекла	0-25	5,46	5,00	4,83	4,90	-0,63	5,4
	25-35	5,14	4,84	4,88	4,87	-0,26	1,1

бя значительно меньше растительных остатков - не более 9 ц/га. Самое большое количество растительных остатков /26,3 ц/га/ образует кукуруза, однако валовые запасы гумуса под этой культурой ниже, чем под озимой пшеницей, очевидно, из-за лучшей аэрации почвы.

В почве под сахарной свеклой снижается содержание всех групп гумусовых веществ, но особенно сильно - воднорастворимая и активная коллоидная фракция. Следовательно, при бес-

Таблица 4

Содержание различных форм гумуса в пахотном слое мощного чернозема под бессменной сахарной свеклой

Годы	Общий гумус	Воднорастворимый гумус	Активный гумус	Пассивный гумус	Отношение активного к пассивному
	% к весу абсолютно сухой почвы				
1955	5,46	0,017	2,40	3,06	0,78
1961	5,00	0,015	2,13	2,87	0,74
1965	4,83	0,015	1,93	2,90	0,67
% изменения за 10 лет	-11	-12	-20	-5	-14

сменном выращивании сахарной свеклы новообразование гумуса отстает от процессов его минерализации /табл.4/.

Содержание пассивной фракции коллоидного гумуса под бессменной сахарной свеклой уменьшается незначительно - на 5%, а соотношение активной к пассивной фракций сумається на 14%. Это является показателем роста стабильности гумусовых веществ.

Снижение общего гумуса отмечается и в бессменной па-рующей почве /табл.5/. Это снижение идет, в основном, за счет воднорастворимого и активного гумуса.

Таблица 5

Влияние бессменного парования мощного чернозема на содержание гумуса

Глу- бина, см	Содержание гумуса по годам:				Относительное уменьшение или увеличение			
	% к весу почвы				:-/ или +/, в			
					% по периодам			
	: 1955 :	: 1961 :	: 1965 :	: 1969 :	: 1955-1961 :	: 1955-1965 :	: 1955-1969 :	: 1961-1969 :
<u>Пар паропропанного севооборота</u>								
0-25	5,47	5,44	5,46	5,41	-1,1	-0,5	+0,4	-0,9
25-35	5,00	4,99	5,11	5,03	+0,6	-0,2	+2,4	-1,6
<u>Пар "твердый" бессменный</u>								
0-25	5,43	5,25	5,15	5,16	-5,0	-3,3	-1,9	+0,2
25-35	5,00	5,07	5,02	5,05	+1,0	+1,4	-1,0	+0,6
<u>Пар черный бессменный</u>								
0-25	5,50	5,18	4,85	4,80	-12,7	-5,8	-6,4	-1,0
25-35	5,06	5,01	4,78	4,71	-6,9	-1,0	-4,6	-1,5

Содержание пассивного гумуса по годам почти не изменяется. С каждым пятилетием возрастает процентное содержание именно этих устойчивых форм гумусовых веществ. О повышении стабильности гумуса в черноземах при бессменном выращивании свидетельствует и снижение соотношения активного к пассивному гумусу.

Весь приведенный материал указывает на большое значение содержания гумуса для развития нитрифицирующих бактерий и установления уровня нитрификационной способности почвы.

Снижение содержания подвижных форм гумуса под бессменной сахарной свеклой приводит к снижению численности и

активности нитрифицирующих бактерий. Как видно из таблицы 6, количество нитрифицирующих бактерий в некоторой степени коррелируется с содержанием гумуса в почве.

Таблица 6

Развитие нитрифицирующих бактерий в мощном черноземе по бессменным культурам

Вариант опыта	Количество в 1 г почвы
Пар из севооборота	1120
Пар "твердый" бессменный	890
Пар черный бессменный	745
Ризосфера озимой пшеницы	1530
Ризосфера кукурузы	1500
Ризосфера сахарной свеклы	1070

Наиболее хорошо нитрифицирующие бактерии развиваются в ризосфере озимой пшеницы и кукурузы. Их развитие в ризосфере сахарной свеклы явно угнетено. Самое низкое количество этих бактерий обнаружено в почве делянок, палящих в течение многих лет.

Л и т е р а т у р а

1. Рубан Е.Л. Физиология и биохимия нитрифицирующих микроорганизмов. Изд-во АН СССР, М., 1961.
2. Шук а. Труды Кубанского с.-х.института, I, № 2, 1924.

СВЯЗЬ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ПОЧВЕННЫХ ГРИБОВ И СОДЕРЖАНИЯ ФОРМ АЗОТА В ПОЧВЕ

М. Аксель

Институт экспериментальной биологии АН ЭССР

В Институте экспериментальной биологии АН Эстонской ССР с 1965 по 1968 г. проводилось изучение годовой сезонной динамики численности почвенных микроорганизмов и динамики содержания форм азота в почве.

Исследование проводилось с целью выяснения закономерностей зависимости почвенных микроорганизмов от физических факторов среды и взаимозависимостей между микроорганизмами. Для проведения исследований было заложено пять биометров, заполненных просеянной и тщательно перемешанной однородной почвой, привезенной из разных почвенных районов Эстонской ССР: I - дерново-карбонатной суглинистой, II - дерново-карбонатной супесчаной, III - дерново-подзолистой супесчаной, IV - торфяной почвой, V - той же почвой, что и I биометр, но покрыт затемняющей крышей / 2 /. Почвенные пробы брали с глубины 5 см в трех повторностях в течение года через каждые две недели.

Для данных 624 почвенных проб проведен в Институте кибернетики АН ЭССР полный корреляционный анализ по всем исследуемым факторам.

В настоящей статье мы проанализируем лишь вопрос о связи между численностью почвенных грибов, численностью трех групп бактерий, связанных с процессом аммонификации и нитрификации, и количеством содержания соединений азота в минеральных почвах / I, II, III и V биометров /. Данные корреляционного анализа численности грибов в торфяной почве IV биометра в статье не рассматриваются, но приведены в табл. I, поскольку они включены в средние всех биометров

Результаты корреляционного анализа, к сожалению, не дают четкой картины связи между численностью почвенных грибов, численностью исследуемых бактерий /аммонифицирующих, нитри-

Таблица I

Корреляция между количеством почвенных грибов и некоторыми другими данными анализов

Биомет- ры	Влаж- ность, %	Число Воль- фа	Б а к т е р и и			А з о т			
			аммонифи- цирующие	нитрифи- цирующие	азото- бактер	общий	аммиач- ный	нитрат- ный	подвиж- ный
В промерзших почвах (предел достов. отд. коэфф. = 0,30, общ. сред. коэфф. = 0,18)									
I	0,26	-0,59	0,17	0,03	0,41	0,00	0,09	0,11	0,14
У	0,14	-0,31	0,21	0,05	0,33	0,03	0,27	0,28	-0,04
II	0,29	-0,45	0,39	-0,14	0,24	0,00	0,27	0,02	0,12
III	0,29	-0,38	0,28	-0,09	-	0,31	0,69	0,12	0,17
IV	0,40	-0,18	0,15	0,08	-0,10	0,25	0,06	0,00	0,04
Среднее всех био- метров									
	0,28	-0,38	0,24	-0,01	0,27	0,12	0,28	0,11	0,11
В незамерзших почвах (предел достов. отд. коэфф. = 0,25, общ. сред. коэфф. = 0,16)									
I	0,12	-0,40	-0,21	0,05	0,06	0,55	-0,08	-0,15	0,13
У	0,27	-0,18	-0,27	0,14	0,09	0,24	0,02	-0,01	0,26
II	0,07	-0,05	0,14	-0,14	-0,08	0,01	0,08	-0,27	0,09
III	0,14	-0,43	-0,06	0,00	-	0,29	0,10	-0,03	-0,22
IV	0,11	-0,47	-0,18	-0,34	0,23	-0,07	0,01	0,08	-0,10
Среднее всех био- метров									
	0,14	-0,33	0,03	0,00	0,07	0,20	0,02	-0,08	-0,03

фиксирующих и азотобактера/ и количеством содержания форм азота /общего, аммиачного, нитратного и подвижного/ в почве.

В общем можно отметить, что для промерзших почв случаев достоверных связей численности почвенных грибов с исследуемыми факторами /приведенными в табл. I/ обнаружено больше, чем для незамерзших. Коэффициенты средних всех биометров по промерзшим почвам показывают достоверную связь количества почвенных грибов с аммонифицирующими бактериями, азотобактером и аммиачным азотом, а по незамерзшим почвам — лишь с общим азотом.

Коэффициенты по отдельным биометрам для промерзших почв показывают, что в случае дерново-карбонатных почв / I, II и У биометры/ достоверная связь наблюдалась между количеством почвенных грибов, аммонифицирующих бактерий и азотобактера, а с соединениями азота коэффициенты не достигают предела достоверности. В случае дерново-подзолистой почвы /III биометр/, наоборот, обнаружена достоверная связь численности почвенных грибов с аммиачным азотом, а с бактериями связи не обнаружено.

При исследовании данных, полученных по незамерзшим почвам, привлекает внимание У биометр, так как там была обнаружена достоверная связь численности почвенных грибов с аммонифицирующими бактериями, подвижным азотом и влажностью почвы. По-видимому, определяющим фактором в данном случае является именно влажность, от которой и зависит остальные процессы в почве /количество бактерий, содержание азота/. Это подтверждает сказанное ранее, что в условиях ограниченной влаги в почве именно она является фактором, определяющим численность почвенных грибов / I /. По незамерзшим почвам обнаружено также, что численность почвенных грибов достоверно коррелирует с содержанием общего азота в незамерзших почвах I и III биометров. К сказанному можно добавить, что по данным корреляционного анализа между почвенными грибами и нитрифицирующими бактериями достоверных связей не обнаружено ни в случае промерзших, ни в случае незамерзших минеральных почв. Между содержанием нитратного азота и численностью поч-

венных грибов в промерзших почвах корреляция не достоверна, в незамерзших почвах эта корреляция по всем минеральным почвам отрицательна, при этом во II биометре достоверно отрицательна.

Из сказанного следует, что в вопросе о зависимости почвенных грибов от соединений почвенного азота остается много невыясненного. Причиной этого, по-видимому, может быть сложность жизни почвы, зависящая от совокупности взаимодействий множества факторов. При этом связь между отдельными компонентами, например между почвенными грибами и формами азота, зависит в каждом конкретном случае от совпадения остальных действующих в почве факторов, таких как влажность, температура и т. д.

Данные Таллинской гидрометеорологической обсерватории показывают, что погодные условия во время наших исследований /1965 - 1968 гг./ по годам заметно различались /табл. 2/.

Таблица 2

Годы	З и м а		Л е т о	
	Средняя Т. °С	Сумма осадков.мм	Средняя Т. °С	Сумма осадков.мм
1965 - 1966	-8,6	149,4	16,0	187,6
1966 - 1967	-6,5	122,1	15,1	234,2

Это не могло не отразиться на почвенных процессах и взаимосвязях между почвенными факторами. Кроме влияния обычных факторов на почвенные процессы, с 1965 г. мы стали учитывать еще влияние солнечной активности. Время наших исследований /1965 - 1968/ пало на период повышения солнечной активности, который начался в 1963 г.

Как показал корреляционный анализ, влияние солнечной активности может быть положительным или отрицательным. На численность исследуемых нами микроорганизмов она также влияла по-разному, например на почвенные грибы - отрицательно. С повышением солнечной активности началось резкое снижение численности почвенных грибов, которая в период спокойного солнца /1963 - 1964 гг./ была довольно высокой. Корреляционный анализ подтвердил это во всех без исключения случаях.

Во всех почвах — в промерзших и незамерзших — численность почвенных грибов с показателем солнечной активности /числом Вольфа/ находится в отрицательной корреляции.

Из сказанного следует, что в течение наших исследований наблюдались заметные колебания и изменения факторов /климатические условия, солнечная активность и т.д./, которые влияли на жизнедеятельность и численность почвенных микроорганизмов, в том числе и численность грибов. Эти изменения, по всей вероятности, отразились на результатах опытов и не позволили получить более четкой картины взаимосвязи между численностью почвенных грибов и содержанием соединений азота в почве.

По результатам наших исследований можно сказать, что в промерзших карбонатных почвах численность почвенных грибов достоверно коррелирует с количеством аммонифицирующих бактерий, азотобактера и содержанием аммиачного азота, а в незамерзших — лишь с содержанием общего азота. На почвенные грибы отрицательно влияет солнечная активность, повышение которой вызывает снижение их численности во всех почвах. Одним из важнейших факторов, влияющих на жизнедеятельность почвенных грибов, является влажность почвы. В некоторых условиях, например при ограниченной влажности, этот фактор определяет численность почвенных грибов. И наконец, связь между численностью почвенных грибов и содержанием соединений азота в почве зависит, по-видимому, от взаимодействия многих факторов.

Литература

1. Аксель М., 1965. О сезонной количественной динамике почвенных грибов. Изв. АН Эст.ССР, серия биол. т. XIV, № 3, 366 — 376.
2. Рахно П., Аксель М., Сирп Л., Рийс Х., 1971. Динамика численности почвенных микроорганизмов. Таллин.

НИТРИФИКАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ И ВИТАМИННОСТЬ ЧЕРНОЗЕМОВ БАШКИРИИ

М.Н.Бурангулова, М.Х.Хамидуллин, Н.С.Наумов, Л.П.Тер-
новая (Институт биологии БФАН СССР)

Вопросу изучения природы почвенного азота, его запасов и форм в различных почвах СССР и других стран посвящен целый ряд исследований.

Фундаментальные исследования по проблеме азота почвы в системе почва-микроорганизмы проведены П.Рахно, М.Аксель, Л.Сирп, Х.Рийс (1971).

Благодаря высокой требовательности нитрификаторов к физико-химическим условиям среды, многие исследователи считают нитрификационную способность объективным показателем плодородия почв (Ж.Пошон и Г.де Бержак, 1960 и др.).

Количественное содержание и различная активность нитрифицирующих бактерий свидетельствует о богатстве почвы нитратным азотом.

Исследованиями М.Н.Бурангуловой и В.П.Соловьевой (1956) установлено, что наилучшие условия для развития нитрифицирующих бактерий на выщелоченном черноземе создаются при влажности почвы 38% и температуре +30°C. При разложении корневых остатков многолетних трав количество нитрифицирующих бактерий возрастает. Данные урожайности яровой пшеницы указывают на значительное влияние интенсивности жизнедеятельности нитрифицирующих бактерий на урожай и качество зерна яровой пшеницы.

Показатели нитрификационной способности дают представление об условиях биохимической мобилизации азота почвой и диагностируют эффективность азотных удобрений.

Наши исследования были направлены на выяснение влияния экологических условий на нитрифицирующую способность типичных черноземов и влияния нитрификации на содержание в них витаминов группы В.

Нитрификационная способность почв определялась по методу С.П.Кравкова, содержание витаминов - по методу Е.Н.Одинцовой (1959).

В пахотном горизонте типичного чернозема Переходной лесостепи и северной части Предуральской степи Башкирии содержание нитратного азота до компостирования было 1,6-2,3 раза больше, чем в пахотном горизонте аналогичной почвы южной части Предуральской степи (табл.1). После 14-дневной инкубации содержание нитратного азота в типичных черноземах Переходной лесостепи и северной части Предуральской степи увеличилось, по сравнению к исходному образцу, в 2,7-4,2 раза, а в типичном черноземе более южной части Предуральской степи - в 7,5 раза. Количество нитратного азота в пахотном горизонте типичного чернозема южной части Предуральской степи после инкубации обнаружено на 15,3-17,5% больше, чем в аналогичной почве Переходной лесостепи и северной части Предуральской степи. Данные свидетельствуют о наличии тенденции к повышению нитрификационной способности типичных черноземов Предуралья Башкирии при передвижении с севера на юг.

При компостировании с мочевиной (из расчета 15 мг на 100 г почвы) наблюдалось резкое увеличение содержания нитратного азота в пахотном горизонте исследованных типичных черноземов.

Вниз по профилю типичного чернозема процесс нитрификации резко ослабевает (табл.1). Так, например, после инкубации содержание нитратного азота в горизонте В обнаружено почти в десять раз меньше, нежели в пахотном горизонте.

При внесении мочевины содержание нитратного азота в горизонтах A_1 и АВ возрастало, по сравнению с инкубацией без мочевины, соответственно, на 25 и 38%. Парадоксальным является тот факт, что не наблюдалось увеличения количества нитратного азота в генетическом горизонте 3 типичного чернозема под влиянием мочевины в сравнении с инкубированием без добавления удобрений.

Таблица 1

Нитрификационная способность типичных
черноземов Предуралья Башкирии

Природные зоны	Гори- зонты	N - NO ₃ ⁻ мг/кг почвы		
		До инку- бации (исходный образец)	После 14-дневной инкубации	Без удоб- рения
Переходная лесостепь	Ап	18,1	49,5	139,1
Северная часть Предуральской степи	Ап	11,6	42,6	147,7
Южная часть Предуральской степи	Ап	7,6	57,1	103,0
	А ₁	5,8	8,5	10,6
	АВ	5,2	8,4	11,6
	В	5,6	6,0	6,0

Выявлено влияние оптимальных для нитрификации условий на содержание некоторых витаминов группы В в черноземах Предуралья Башкирии. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2

Влияние оптимальных для нитрификации условий на
содержание некоторых витаминов группы В
(витамины в мкг/кг почвы)

Вита- мины	Почвы		Черноземы			
	Сро- ки оп- ределения		Типичный	Карбо- натный	Выдело- ченный	Подзо- ленный
Био- тин	Исходный образец	0,74	1,24	0,86	0,76	
	После инкубации	1,60	2,42	1,89	1,66	
Никоти- новая кислота	Исходный образец	197,8	132,0	189,28	166,68	
	После инкубации	406,4	352,0	367,74	411,14	
Пантоте- новая кислота	Исходный образец	350,29	349,70	421,82	256,69	
	После инкубации	1390,48	1170,6	1177,38	1265,10	

При 14-дневном инкубировании, т.е. под влиянием оптимальных для нитрификации условий, происходит значительное накопление биотина, никотиновой и пантотеновой кислот. Количество этих витаминов увеличивается в 2-4 раза по сравнению с содержанием их в исходных образцах. В наибольшей степени количество пантотеновой кислоты повышается в оподзоленном черноземе.

Интенсивность нитрификационной способности типичных черноземов Предуралья Башкирии зависит от экологических условий их формирования и снижается при передвижении с юга на север. Такая закономерность дает представление о повышении потенциальной способности типичных черноземов обеспечивать сельскохозяйственные растения азотом в период их вегетации и снижении эффективности азотных удобрений при передвижении с севера на юг Предуралья Башкирии.

Нитрификационный процесс наиболее выражен в пахотном горизонте типичных черноземов. Ниже гумусового горизонта жизнедеятельность нитрификаторов почти не проявляется.

Оптимальные для нитрификации условия оказывают благоприятное влияние на накопление витаминов группы В. При 14-дневном инкубировании содержание витаминов биотина, никотиновой и пантотеновой кислот в черноземах Предуралья Башкирии возрастает в 2-4 раза.

Использованная литература

- Бурангулова М.Н., Соловьева Е.П. Нитрифицирующие бактерии в выщелоченных черноземах. - Тр. Башкирского СМ, Уфа, 1956.
- Пошон Ж., Бержак Г. де. Почвенная микробиология. М., 1960.
- Рахис П., Аксель М., Сирп Л., Рийс Х. Динамика численности почвенных микроорганизмов и соединений азота в почве. Таллин, 1971.
- Одинцова Е.П. Микробиологические методы определения витаминов. М., 1959.

БАКТЕРИИ ОТДЕЛЬНЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП,
ПРИНИМАЮЩИХ УЧАСТИЕ В ПРЕВРАЩЕНИИ АЗОТА
ПОЧВЫ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОГО ТИПА

Т.И. Кузякина Тимирязевская сельскохозяйственная
академия

Несмотря на многочисленность исследований, посвященных циклу азота и азотного питания растений, вопросы изменения активности микроорганизмов, участвующих в превращениях азота почвы, в зависимости от типа почвы и уровня плодородия изучены недостаточно.

Задачей исследований являлось изучение распространения бактерий физиологических групп: аммонифицирующих, нитрифицирующих и денитрифицирующих в дерново-среднеподзолистых среднесуглинистых почвах, различающихся по степени проявления дернового процесса и сельскохозяйственному использованию.

Для определения численности бактерий применялся метод титра и соответствующие жидкие питательные среды. Почвенные образцы для анализа брались в динамике по генетическим горизонтам разрезов и пахотном горизонте разностей дерново-подзолистой почвы: среднедерновой среднеподзолистой с/с культура кукурузы, учхоз "Дубки" Можайского р-на Московской обл./, среднедерновой среднеподзолистой с/с /чёрный пар, опытное поле ВИУА, Москва/; мощнодерновой среднеподзолистой с/с /культура картофеля, Полевая станция ТСХА, Москва/; среднедерновой среднеподзолистой с/с на разных угодьях - пашне /чёрный пар/, луг с разнотравно-злаковой ассоциацией, лес-ельник /учхоз "Михайловское" Подольского района, Московской обл./.

Результаты исследований

Из результатов проведённых исследований вытекают следующие закономерности. Аммонифицирующие, нитрифицирующие и денитрифицирующие бактерии приурочены в основном к

верхним горизонтам /табл. № I/. Отсутствие нитрифицирующих бактерий в почве под лесом являлось следствием неблагоприятного действия лимитирующих факторов: высокой влажности почвы, недостаточной аэрации и кислой реакции среды /рН 3,7-3,9/. Аммонифицирующие и денитрифицирующие бактерии распространялись вниз по профилю почвы и выявлялись в иллювиальных горизонтах разрезов пашни и дуга.

Рассматривая широту распространения бактерий в сезонной динамике надо отметить, что содержание аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий, за редким исключением, было высоким в начале лета и снижалось к осени в независимости от разностей почвы, уровня плодородия и погодных условий года.

В распространении денитрифицирующих бактерий какой-либо закономерности не наблюдалось.

Аммонифицирующие бактерии, принадлежащие к разным родам и вызывающие лишенный специфичности, процесс аммонификации, в основном относились к роду *Pseudomonas*. Наибольшее количество обнаружено в пахотном горизонте мощнодерновой среднеподзолистой почвы в мае - 23-29 млн. клеток на 1 г почвы /культура - картофеля, перегной 3%, P_2O_5 - 30 мг и K_2O - 22,5 мг на 100 г почвы, рН - 6/. В то время как в среднедерновой почве /культура кукурузы, перегной - 1,8%, рН - 4,5/ содержание бактерий равнялось 12-14 млн. клеток на 1 г почвы. Внесение органических удобрений /навоз - 40 г/ приближает среднедерновую среднеподзолистую почву по содержанию аммонифицирующих бактерий к мощнодерновой разности - численность бактерий - 21-33 млн. клеток на 1 г почвы. Содержание бактерий в почве изменяется в зависимости от возделываемой культуры. Численность бактерий в среднедерновой почве /черный пар, перегной 1,9%, рН - 5,6/ резко падает /численность бактерий в июле в горизонте Апах 254 тыс. клеток /г. почвы/ и приближается к количеству бактерий в горизонте A_1 /180 тыс. клеток на 1 г почвы/ слабодерновой среднеподзолистой почвы /дуг с разнотравно-злаковой ассоциацией, перегной - 1,45%, P_2O_5 - 2,9 мг и K_2O - 16,5 мг на 100 г почвы, рН - 4,0/. В слабо-

дерновой среднеподзолистой почве /лес, перегной - 3,59%, рН - 3,9/ содержание аммонифицирующих крайне низкое - - 5-15 тыс. клеток на I г почвы.

Распространение нитрифицирующих бактерий тесно связано с распространением аммонифицирующих бактерий и повторяет те же закономерности. Однако надо отметить, что численность нитрифицирующих значительно ниже численности аммонифицирующих бактерий. Самое высокое содержание отмечено в весенние месяцы на мощной дерновой среднеподзолистой почве /6-II млн.клеток на I г почвы/. В распространении денитрифицирующих бактерий отмечались резкие колебания. Внесение удобрений благоприятно сказывалось на развитие бактерий.

Таким образом, распространение бактерий отдельных физиологических групп, принимающих участие в превращении азота дерновоподзолистой почвы, зависит в той или иной степени от разности почвы, уровня плодородия и сельскохозяйственного использования.

Таблица I

Общее количество аммонифицирующих бактерий

Название почвы, угодие местополо- жение	Генети- ческий гори- зонт	Глуби- на взя- тия образца в см	Клеток на 1 г почвы							
			1				4			
I. Среднедерновая среднеподзолистая с/с /кукуруза, уч- хоз Дубки/	2	3	1964 /млн./				1965 /тыс./			
			УI	УII	УIII	IX	УI	УII	УIII	IX
а. Без удобрений	Апах	0-20	12	14	20	2	72	18	219	200
б. МРК + навоз	Апах	0-20	21	11	33	2	3280	277	231	173
2. Среднедерновая среднеподзолистая с/с /черный пар, опытное поле ВИУА/ а. Без удобрений	2	3	1965 /тыс./				1966 /тыс./			
			УII	УIII		IX	УI	УII	УIII	
а. Без удобрений	Апах	0-20	254		203	167	2100	1750		50
3. Мощнодерновая среднеподзолистая с/с картофель, Полевая станция ТСХА а. Без удобрений	2	3	1964 /млн./							
			У				УI		УII	
а. Без удобрений	Апах	0-25		29			23			8

I		I	2	I	3	I	4
							1971 г. /тыс./
4. Среднедерновая среднеподзолистая с/с /черный пар, учхоз "Михайловское"/							
а. Без удобрений		Апах	У-25	380	310	280	240
		А ₂	25-33	0	63	0	55
		В	56-104	135	115	98	64
		С	с104	0	0	0	0
5. Слабодерновая среднеподзолистая с/с глееватая /луг, учхоз "Ми- хайловское"/		А	У-3	3400	2500	2000	1600
		А ₁	3-14	240	180	160	110
		А ₂	14-22	0	16	0	13
		В	47-85	86	72	64	36
		С	с99	0	0	0	0
6. Слабодерновая среднеподзолистая с/о глееватая /лес, учхоз "Михайловское"/		Ао	0-2	15	12	8	6
		А ₁	2-9	23	13	7	8
		А ₂	9-22	0	0	0	0
		В	40-87	0	0	0	5
		С	с109	0	0	0	0

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ БАКТЕРИЙ, СВЯЗАННЫХ С ПРЕВРАЩЕНИЕМ АЗОТА ПРИ РАЗЛОЖЕНИИ В ПОЧВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ

О. РЫНС

Институт экспериментальной биологии АН ЭССР

Длительными исследованиями, проведенными в секторе микробиологии Института экспериментальной биологии АН ЭССР, установлены общие закономерности сезонной количественной динамики почвенных микроорганизмов, а также динамики содержания соединений азота в условиях умеренной климатической зоны / 1, 2 /. Исследования проводились в биометрах, почва в которых содержалась без растений и удобрялась лишь в отдельных случаях.

Целью же настоящего исследования было изучить годовую динамику развития восьми групп микроорганизмов в почве после внесения в нее растительных остатков ячменя как в чистом виде, так и в разных комбинациях с минеральными и органическими удобрениями. Соответствующие опыты проведены в период с 1966 по 1972 г. также в биометрах, наполненных почвой с гумусового горизонта окультуренных дерново-карбонатных / рН 6,5 - 7,0 / и дерново-среднеподзолистых почв / рН 5,0 - 5,2 /. Почвенные образцы из биометров для анализов брали 1-2 раза в месяц в течение всего года. При количественном учете исследуемых микроорганизмов пользовались общепринятой методикой разведений.

Результаты первых серий наших опытов частично опубликованы / 3 - 5 /. Они показали, что внесение растительных остатков / жнивья и соломы / в почву осенью вызывает значительные изменения в количественной динамике многих групп почвенных микроорганизмов в течение всего осенне-зимнего периода. В вариантах с органическими остатками содержание агрономически важных групп микроорганизмов, как правило, было при всех сроках анализов значительно выше, чем в почве контрольного варианта.

Для проверки полученных результатов проводились новые серии опытов, одна из которых ниже рассматривается более подробно. Приводятся данные только с бактериях, связанных с превращением азота /аммонифицирующие, нитрифицирующие и денитрифицирующие/, а также об аэробных целлюлозоразлагающих бактериях, играющих весьма важную роль при разложении растительных остатков в почве. Опыты проводились параллельно на дерново-карбонатной и дерново-среднеподзолистой почве и включали следующие варианты: 1/контроль /без растений/, 2/ лущение жнивья, 3/ внесение в почву соломы /из расчета 4 т/га /, 4/ внесение в почву соломы полнотного жидким навозом /из расчета 40 т/га коровьего помета смешанного с водой в соотношении 1:1 /. Ячмень высевали в биометры 14 мая 1970г., убирали 20 августа. Лущение жнивья и внесение в почву измельченной соломы проводилось 11 сентября. Жнивьё лущили и солому вносили в почву на глубину 0-10 см. Образцы для микробиологических анализов брали с глубины 5 см.

Результаты опытов на дерново-карбонатных почвах представлены в табл. I и 2.

Из табл. I видно, что численность аммонифицирующих бактерий в вариантах с внесением в почву растительных остатков почти при всех сроках анализов по сравнению с контрольным вариантом была несколько выше. Первый максимум их численности во всех вариантах опытов обнаруживался 13 октября, которому сразу последовал минимум /28 октября/. Второй максимум в численности аммонификаторов обнаруживался 24 декабря.

Можно отметить, что в данной серии опытов различия в численности аммонифицирующих бактерий как между вариантами опытов, так и по отдельным срокам оказались сравнительно небольшими, что в некоторой степени не согласуется с ранее нами полученными данными /3, 4/. Можно предположить, что относительно спокойный характер процесса аммонификации в данной серии опытов связан с мягкими климатическими условиями зимы.

По сравнению с аммонифицирующими бактериями различия в содержании нитрифицирующих бактерий в почве контрольного и

Таблица I

Динамика численности аммонифицирующих и денитрифицирующих бактерий в дерново-карбонатной почве после внесения в нее растительных остатков ячменя (млн.)

Дата	Температура почвы, °C	Аммонифицирующие				Денитрифицирующие			
		Контроль	Ячмень	Солома	Солома+навоз	Контроль	Ячмень	Солома	Солома+навоз
10/IX 70	+10,5	110	110	140	140	8	8	83	69
25/IX 70	+ 5,0	110	78	150	170	9	56	140	140
13/X 70	+ 5,7	190	200	290	250	9,3	49	32	140
28/X 70	+ 2,0	71	64	53	55	2,0	4,9	2,0	9,4
27/XI 70	+ 1,8	40	93	120	160	6,1	46	6,2	53
24/XII 70	- 0,5	220	290	170	220	0,4	23	51	11
29/I 71	+ 0,2	160	210	130	140	2,4	8,5	3,5	130
26/II 71	- 0,2	100	100	140	140	0,8	1,5	85	86
26/III 71	+ 0,2	150	230	140	180	1,2	4,7	34	14
23/IV 71	+ 2,0	150	110	120	160	0,5	0,8	12	70
13/V 71	+ 7,5	61	110	120	180	0,4	0,5	2,3	12

опытных вариантов оказались более заметными. Наивысшая численность обнаружена в вариантах с внесением соломы, а вариант с лущением жнивья имел промежуточное положение. Относительно высокие показатели в численности нитрификаторов наблюдались в течение первой половины осенне-зимнего периода, а к весне их титр заметно снизился. Резкое снижение численности было зафиксировано также 29 января, которое, однако, не было вызвано температурным фактором.

Характер динамики численности денитрифицирующих бактерий во многом совпадал с характером динамики численности аммонифицирующих бактерий /см. табл. I/. При всех сроках анализов численность денитрификаторов /как и других бактерий/ также была в почве опытных вариантов заметно выше, чем в почве контрольного варианта. В течение зимы их титр постепенно снижался и достиг минимума к 13 мая.

Различия в содержании аэробных целлюлозоразлагающих бактерий в почве контрольного и опытных вариантов оказались наиболее заметными и существенными /см. табл. 2/. Особенно высокие показатели их численности были обнаружены в варианте с внесением соломы и навоза. Численность целлюлозоразлагающих бактерий, как и других рассмотренных выше групп бактерий, имела наивысший уровень в период с сентября до конца декабря, а затем значительно снизилась и минимальный уровень был зафиксирован в конце периода исследования / 13 мая /.

Результаты этой серии опытов относительно аэробных целлюлозоразлагающих бактерий хорошо согласуются с данными, полученными нами ранее / 3 /.

Общий характер динамики численности отмеченных выше бактерий в случае дерново-среднеподзолистых почв довольно хорошо совпадал с характером динамики в случае дерново-карбонатных почв. Так, например, у аммонифицирующих бактерий в дерново-среднеподзолистых почвах обнаружено заметное снижение численности 28 октября и значительное повышение - 24 декабря, как это было зафиксировано и при анализах дерново-карбонатных почв. Довольно хорошее совпадение в характере количественной динамики отмечалось также у других групп исследо-

Таблица 2

Динамика численности нитрифицирующих и аэробных целлюлозоразлагающих бактерий в дерново-карбонатной почве после внесения в нее растительных остатков ячменя (тыс.)

Дата	Температура почвы, °C	Нитрифицирующие				Аэробные целлюлозоразлагающие			
		Контроль	Ячмень	Солома	Солома+навоз	Контроль	Ячмень	Солома	Солома+навоз
10/IX 70	+10,5	95	160	12000	3100	9,5	120	1100	92
25/IX 70	+ 5,0	17	170	910	1700	0,9	1600	170	7000
13/X 70	+ 5,7	25	4600	2400	1300	79	500	4200	5400
28/X 70	+ 2,0	55	320	610	170	160	540	5000	12000
27/XI 70	+ 1,8	20	63	200	140	53	12	17	760
24/XII 70	- 0,5	9,8	28	300	190	9,8	56	13000	15000
29/I 71	+ 0,2	5,0	58	11	55	12	14	76	2800
26/II 71	- 0,2	11	22	68	1300	11	13	10	170
26/III 71	+ 0,2	46	72	240	390	1,1	21	29	340
23/IV 71	+ 2,0	79	470	1100	510	12	480	140	910
13/V 71	+ 7,5	12	12	45	110	3	0,9	5,3	88

важных нами бактерий. Это указывает на то, что динамика микробиологических процессов при разложении растительных остатков в различных по агрохимическим свойствам почвах при одинаковых климатических условиях имеет довольно близкий характер.

Таким образом, представленные выше данные свидетельствуют о том, что внесение растительных остатков в почву ранней осенью, когда температура почвы еще сравнительно высокая, вызывает довольно значительные изменения в количественной динамике бактерий, связанных с превращением азота, в течение всего осенне-зимнего периода.

По сравнению с контрольным вариантом их численность при всех сроках анализов в удобренной соломой почве была значительно выше, а в варианте с лущением жнивья имела промежуточное положение. Стимулирующее влияние жидкого навоза наиболее ярко обнаруживалось у аэробных целлюлозоразлагающих бактерий.

Численность отмеченных бактерий была, как правило, значительно выше в течение первой половины осенне-зимнего периода, а затем постепенно снижалась и достигала минимума ранней весной. Поскольку с наступлением весны новой вспышки в их развитии не было обнаружено, то это позволяет полагать, что активные фазы разложения растительных остатков в почве произошли уже в течение осенних и зимних месяцев.

По полученным данным можно заключить, что в условиях умеренной климатической зоны попавшие ранней осенью в почву растительные остатки подвергаются микробиологическому превращению в течение всего осенне-зимнего периода, которое в основном завершается к наступлению весны, что создает относительно благоприятные условия для роста сельскохозяйственных культур. Однако совсем иначе обстоит дело при поздних сроках заделки в почву органических веществ. В таких условиях их разложение / и высокое содержание микроорганизмов / продолжается и весной, нежелательно совпадая с началом развития культурных растений / 1, 3 /.

Литература

1. Рахно П.Х. 1964. Сезонная количественная динамика почвенных бактерий и факторы, обуславливающие ее. Таллин.
2. Рахно П., Аксель М., Сирп Л., Рийс Х. 1971. Динамика численности почвенных микроорганизмов и соединений азота в почве. Таллин.
3. Рахно П., Ринс О. 1971. Когда вносить органику? Земледелие, № 1, 45-48.
4. Рахно П., Ринс О. 1971. Влияние окультуривания и обработки почвы на жизнедеятельность некоторых свободноживущих азотфиксирующих микроорганизмов. В сб.: Новое в изучении биологической фиксации азота, М., 176-182.
5. Ринс О.О. 1970. О факторах, влияющих на динамику развития микроорганизмов, связанных с круговоротом азота в почве. Тезисы докладов IV Всесоюзного делегатского съезда почвоведов. Книга вторая. Часть I, Алма-Ата, 198-199.

ИНТЕНСИВНОСТЬ ПРОЦЕССОВ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА В ПОЧВАХ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ.

А.И.Чундерова

Северо-Западный НИИ сельского хозяйства

Проводились сравнительные исследования активности процессов минерализации органических соединений азота в дерново-подзолистых и дерново-карбонатных почвах Северо-Западной зоны и в почвах других зон Советского Союза - серая лесная, черноземы, сероземы и красные. Интенсивность минерализации органических азотсодержащих веществ почвы охарактеризована активностью двух стадий этого процесса - гидролиза белков до аминокислот (протеаза) и гидролиза амидов с освобождением аммиака (уреаза).

Как показывают данные табл.1, дерново-подзолистые почвы несколько уступают по активности этим процессам дерново-карбонатным почвам, но равны, а чаще превышают активность протеазы и уреазы в черноземе. Максимальная интенсивность изучаемых процессов выявлена в сероземах. Это свидетельствует о высокой интенсивности процессов минерализации азотсодержащих веществ в дерново-подзолистых почвах и сероземах при их сравнительно низкой биологической активности по другим показателям.

Эти данные хорошо согласуются с результатами исследований В.А.Ковды /1/ по темпам минерализации и гумификации растительных остатков в различных типах почв. Для черноземов характерен наиболее высокий процент гумификации органических остатков - до 35%, но соответственно заторможен процесс их минерализации; только около 15% растительных остатков подвергается гумификации в дерново-подзолистых почвах, соответственно выше процесс их минерализации; всего 6 % органических остатков гумифицируется в сероземах, но активность их минерализации - наивысшая.

Активность ферментов азотного режима в почвах различных типов (на 1 г почвы)

Т и п ы п о ч в	Протеаза, мг аминно- го азота	Уреаза, мг NH_3
Дерново-подзолистая слабокультуренная	0,38	0,39
Дерново-подзолистая среднекультуренная	0,91	0,41
Дерново-карбонатная	0,95	1,46
Дерново-карбонатная выщелоченная	0,88	0,99
Серая лесная	0,37	0,35
Чернозем (Тульская обл.)	0,48	0,41
Чернозем (Луганская обл.)	0,17	0,10
Чернозем (Башкирская АССР)	0,18	0,12
Серозем типичный	0,31	0,30
Сероземно-луговая	0,88	1,23
Краснозем (Батуми)	0,24	0,67

Несомненно, что именно соотношение интенсивности минерализации и гумификации органических соединений азота в почве определяет и неодинаковое качество гумуса разных типов почв – более высокое содержание азота в гумусе чернозема и очень низкое в гумусе дерново-подзолистых почв /2/.

Различия в активности ферментов азотного режима определяются не только разным количеством этих ферментов, адсорбированных различными типами почв, но и неодинаковым качественным составом почвенных ферментов.

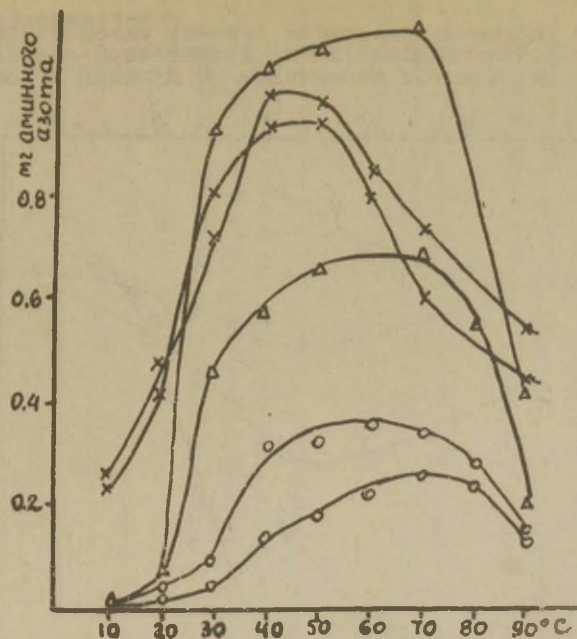


Рис. 1. Влияние температуры на активность протеазы дерново-подзолистых почв (x--x), черноземов (o--o) и сероземов (Δ--Δ).

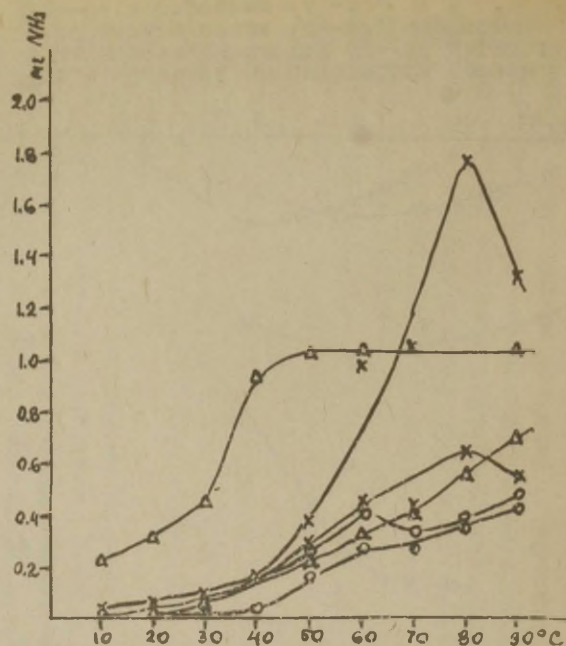


Рис. 2. Влияние температуры на активность уреазы дерново-подзолистых почв (x--x), черноземов (o--o) и сероземов (Δ--Δ).

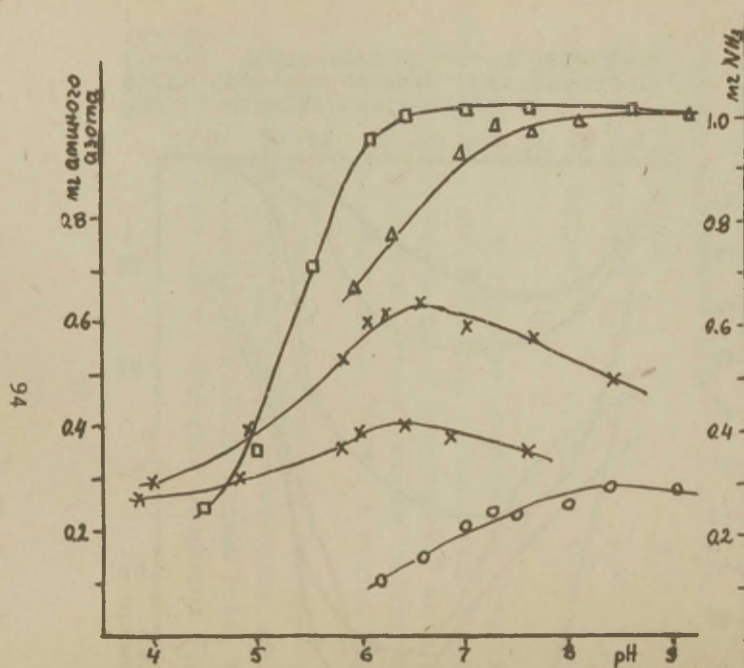


Рис.3. Оптимум pH активности протеазы в дерново-подзолистой (x--x), дерново-карбонатной почве (п--п), черноземе (о--о) и сероземе (Δ--Δ).

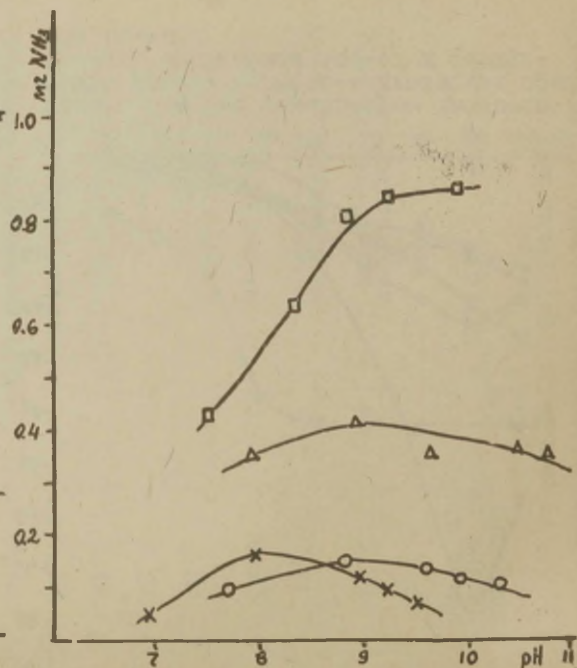


Рис.4. Оптимум pH активности уреазы в дерново-подзолистой (x--x), дерново-карбонатной почве (п--п), черноземе (о--о) и сероземе (Δ--Δ).

Изучение таких физико-химических характеристик ферментов почвы как оптимумы pH и температуры подтвердило наличие качественных различий в ферментах почв, контрастных по своему экологическому происхождению.

Для активности протеазы дерново-подзолистых почв Архангельской и Ленинградской областей характерен узкий интервал оптимальных температур - около 40° ; протеазы почв южного происхождения более термостабильны и имеют широкий интервал оптимальных температур - от 40 до 70° (рис.1). Но протеазы северных почв более, чем протеазы южных почв активны при низких температурах в 10 и 20° . Большая термолабильность и четкий оптимум температуры характерны и для уреазы дерново-подзолистых почв, в то же время уреазы южных почв не инактивируются даже и при 90° (рис.2).

Различная кислотность исследованных нами почв оказала влияние и на pH-оптимумы ферментов. Протеаза кислых дерново-подзолистых почв имеет четкий оптимум при pH около $6,0$; оптимум pH протеазы дерново-карбонатной почвы, чернозема и серозема сдвинут в сторону нейтральной и слабощелочной реакции (рис.3). Аналогичное явление наблюдается и для активности уреазы в различных типах почв (рис.4).

Несомненно, что эти различия определяются неодинаковыми физико-химическими свойствами ферментов почв разного экологического происхождения.

Л и т е р а т у р а

1. В.А.Ковда. О гидрогенной аккумуляции гумусовых веществ в почвах. Вестник МГУ, 1969,3.
2. М.М.Кононова. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения. 1963. М.

ПРОЦЕССЫ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПОЧВЕННОГО АЗОТА ПРИ ОКУЛЬТУРИВАНИИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

И.Н.Ромейко и Л.Б.Битюкова

Украинский научно-исследовательский институт
земледелия

Способы окультуривания почвы, такие как обработка и внесение удобрений, являются важнейшим условием не только для роста растений, но и для развития ценных в агрономическом отношении групп микроорганизмов, участвующих в превращениях почвенного азота и определяющих плодородие почвы /1,2,3,4,5'.

В условиях Украинского Полесья при окультуривании дерново-подзолистой почвы микроорганизмы реагируют на изменение экологических условий, изменяется их численность и видовой состав.

Исследования проводились в полустационарном полевом опыте лаборатории обработки почвы /опытное хозяйство института земледелия "Копылово"/ по изучению прямого действия разных способов окультуривания дерново-среднеподзолистой супесчаной почвы на биологическую активность. Почва отличается четко дифференцированным почвенным профилем, низким содержанием гумуса - 0,79% и слабокислой реакцией почвенного раствора /рН = 5,0-5,6/. Микробиологические и биохимические процессы изучались на паровых делянках в почве без удобрений и по фону $M_{120}P_{120}K_{120}$ + навоз 40 т/га. Удобрения вносились весной под перепахку на 14-15 см на всех вариантах опыта.

Мобилизация азота в почве связана прежде всего с деятельностью аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий, поэтому мы и определяли их количество соответственно на мясо-пептонном агаре и на выделочном агаре с аммонийно-магниевой солью фосфорной кислоты. По мнению Е.Н.Мишустина и других исследователей количество аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий может характеризовать направленность процессов аммонификации и нитрификации /6/.

Количественный учет аммонифицирующих и нитрифицирующих

бактерий во всем почвенном профиле до 60 см показал, что различные генетические горизонты в разной мере заселены этими группами микроорганизмов /рис.1, 2 и 3/.

При естественном залегании в почве гумусового горизонта накапливается наибольшее количество аммонификаторов и нитрификаторов, которое с глубиной снижается в среднем в 2 раза. Это связано с распределением в почвенном профиле органического вещества и подвижных форм азота, фосфора и калия, которые необходимы для жизнедеятельности микроорганизмов/7/.

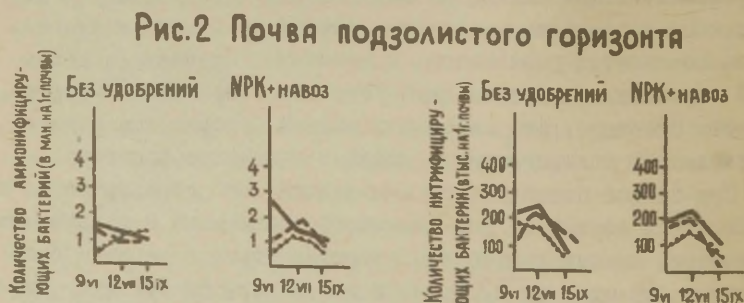
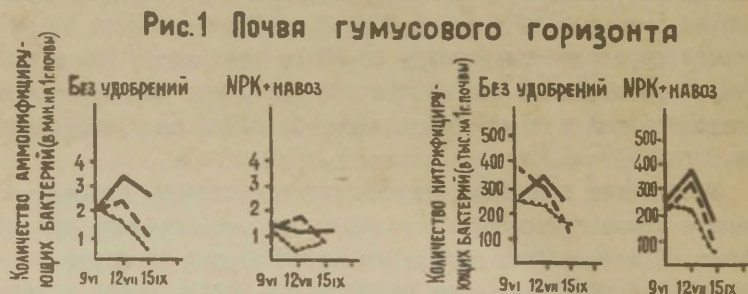
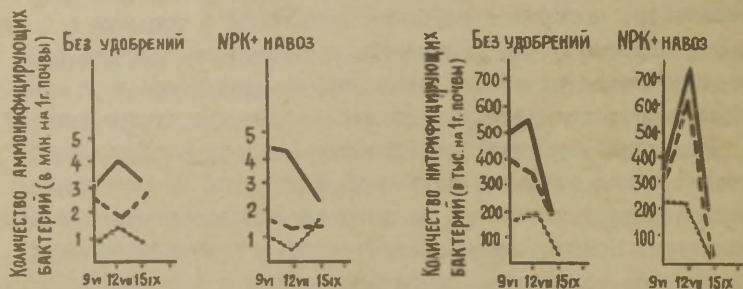
Различные приемы обработки при окультуривании, когда подзолистый и иллювиальный горизонты выносятся на поверхность, в первый же год оказывают влияние на распространение микроорганизмов. При перемещении гумусового горизонта на место подзолистого количество аммонифицирующих и нитрофицирующих бактерий уменьшилось в 1,5–2,0 раза, при запахивании же гумусового горизонта на глубину 40–60 см количество изучаемых бактерий уменьшилось более, чем в 3 раза. Эта закономерность наблюдалась как в почве без удобрений, так и по удобренному фону.

Необходимо отметить, что действие удобрений проявлялось только в почве гумусового горизонта при естественном его залегании. В этом случае удобрения активизируют развитие микроорганизмов. При выносе на поверхность подзолистого и иллювиального горизонтов удобрения заметно не изменяют биогенность почвы этих горизонтов. В некоторых случаях /подзолистый горизонт/ удобрения даже угнетают развитие микроорганизмов. Очевидно, это связано с низкой буферностью подзола, определяющей и концентрацию солей в почвенном растворе.

При выносе подзолистого и иллювиального горизонтов на поверхность в первый же год намечается тенденция к увеличению количества аммонификаторов и нитрификаторов в верхнем слое почвы, с 1,8 млн. до 2,7 млн. и с 0,9 млн. до 1,7 млн. аммонифицирующих бактерий, со 143 тыс. до 178 тыс. нитрофицирующих бактерий в почве иллювиального горизонта.

Наши данные показали, что биогенность иллювиального горизонта в его естественном залегании значительно ниже, чем

Динамика количества аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий в почве различных генетических горизонтов в 1971 г.



Глубина залегания горизонтов в см:

— 0-20
 --- 20-40
 - - - 40-60

гумусового и подзолистого, но тем не менее в почве иллювиального горизонта развивается довольно значительное количество микроорганизмов. Д.Г.Звягинцев /8/ нашел, что иллювиальные горизонты содержат все вещества, необходимые для жизнедеятельности микрофлоры. В связи с этим дальнейшие исследования должны быть направлены на выяснение причин, определяющих низкую биологическую активность почвы иллювиального горизонта.

Таким образом, по интенсивности развития аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий можно судить о степени окультуривающего воздействия агротехнических приемов на дерново-подзолистую почву.

Таблица I

Влияние окультуривания дерново-подзоистой почвы на ее биологическую активность

Глубина залегания горизонтов в см	Протеаза, в желатинолитических единицах, на 10 г почвы	Суммарное количество аминокислот, мкг/г ткани
гумусовый горизонт	подзолистый горизонт	иллювиальный горизонт
гумусовый горизонт	подзолистый горизонт	иллювиальный горизонт

Средние данные за вегетационный период 1971 г.

Почва без удобрений						
0-20	130,7	104,2	82,4	11,8	9,0	7,8
20-40	107,6	108,7	85,2	8,1	9,3	8,0
40-60	81,2	68,3	73,4	4,2	6,3	5,9
№ПК + навоз						
0-20	140,2	85,2	100,6	14,5	6,8	11,5
20-40	89,3	119,7	96,9	10,1	10,4	13,4
40-60	89,6	48,5	85,2	5,4	8,9	6,0

Динамика усвояемых форм азота обуславливается протеолитическими ферментами, которые, главным образом, продуцируются почвенными микроорганизмами и вызывают гидролиз азотсодержащих органических веществ.

В наших исследованиях протеолитическая активность почвы

находится в прямой зависимости от содержания в почве аммонифицирующих, нитрифицирующих бактерий и характеризует степень минерализации органического азота почвы /табл.1/.

Протеолитическая активность почвы подзолистого горизонта без удобрений незначительно изменяется при выносе его на поверхность, а по удобренному фону даже снижается.

Протеолитическая активность почвы иллювиального горизонта при перемещении его на место гумусового горизонта повышается на 10-15%, но остается ниже активности протеазы в почве гумусового горизонта на 36-40%. С повышением протеазной активности наблюдалась активизация синтеза аминокислот на поверхности хлопчатобумажной ткани, которая инкубировалась в почве в течение 10 дней.

Таким образом, при вовлечении подзолистого и, особенно, иллювиального горизонтов в пахотный слой уже в первый год окультуривания происходит некоторое усиление процессов протеолиза, аммонификации, синтеза аминокислот и нитрификации, однако гумусовый горизонт остается наиболее биогенным.

ЛИТЕРАТУРА

1. МИЛУСТИН Е.Н. Микроорганизмы и плодородие почвы. М., Изд-во АН СССР, 1956.
2. МЕШКОВ Н.В. и ХОДАКОВА Р.Н. "Тр. Почв.института им.В.В.Докучаева", т.ХІХ, 1956.
3. АФАНАСЬЕВА А.Л. Труды института микробиологии, в.УП, 1960.
4. САМЦЕВИЧ С.А. и др. Труды института микробиологии, в.УП, 1960.
5. ЧУЛАКОВ Ш.А. Труды института микробиологии, в.УП, 1960.
6. ЧЕРНОБРОВИНА Р.М. В сб. "Проблемы азота и урожай на Полесье", Изд-во "Урожай", Киев, 1967.
7. АРИСТОВСКАЯ Т.В. Микробиология подзолистых почв. "Наука", М.-Л., 1965.
8. ЗВЯГИНЦЕВ Д.Т. В сб.студ.науч.работ МТУ, биол. и почвовед., М., 1957.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ИЗМЕНЕНИЕМ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНОГО АЗОТА НА ПОЧВАХ, РАЗНЫХ ПО МЕХАНИЧЕСКОМУ СОСТАВУ, ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЯ СОЛОМОЙ

М.О.Винкалне, Р.Р.Визла

Латвийский НИИ земледелия

Эффективность удобрения соломой зависит от интенсивности процессов разложения соломы. В связи с тем, что азот, содержащийся в соломе, не покрывает потребностей микробов, большое значение имеет дополнительное азотное удобрение (1, 2, 3). Значительное воздействие на скорость разложения соломы, количество подвижного азота в почве и урожай оказывает также форма азотного удобрения (4, 5). В литературе имеются противоречивые данные о пригодности соответствующих форм азота (6, 7). Отмечено, что на ход разложения соломы оказывают влияние различные почвенно-климатические факторы.

Задача нашей работы (1967-1971) на трех почвах при применении соломы с добавкой разных форм азотных удобрений в вегетационных сосудах изучить микробиологические процессы, связанные с ними изменение подвижного азота и влияние этих процессов на урожай овса.

Характеристика почв: 1) дерново-подзолистая песчаная, pH 5,3; содержание гумуса 0,6 %; общего азота 0,04 %; P_2O_5 13,0; K_2O 4,1 мг/100г; CaO 0,06 %; 2) дерново-подзолистая супесчаная, pH 6,0; содержание гумуса 2,0 %; общего азота 0,13 %; P_2O_5 5,7; K_2O 11,0 мг/100г; CaO 0,22 %; 3) дерново-карбонатная суглинистая, pH 6,7; содержание гумуса 1,6 %; общего азота 0,12 %; P_2O_5 3,6; K_2O 7,9 мг/100г; CaO 0,79 %.

В каждый вегетационный сосуд (6 кг абсолютно сухой почвы) вносились измельченная солома 40 г; P_2O_5 1,0 г; K_2O 1,5 г (суперфосфат и K_2SO_4), N 1,2 г в виде NH_4NO_3 , NH_4OH или навозной жижи. Влажность почвы поддерживалась в пределах 50 % от полной влагоемкости. Подопытная культура - бвес "Стендский желтый".

В почве определялось содержание общего азота по Кьельда-

лю, нитратов по Риму, аммиак по Коневу, аммонификаторы в пептоновой воде, нитрификаторы на питательной среде Виноградского и денитрификаторы на питательной среде Гильтая.

Результаты исследований.

В ходе разложения соломы в результате деятельности микроорганизмов изменяется содержание легкоусвояемого азота в почве. В песчаной почве солома с добавкой азотного удобрения в начале ее разложения обеспечила более высокое содержание нитратов и аммиака, так как в песчаной почве происходят менее интенсивные микробиологические процессы (таблица 1, рисунок 1). Внесение NH_4OH с соломой усилило процесс нитрификации и дало самое высокое количество аммиака и нитратов. Добавка NH_4NO_3 в соломе, особенно на суглинистой почве, вызвала усиление денитрификации и связанные с ними потери легкоусвояемого азота. Солома без добавки азота в начале разложения обусловила ограничение процесса нитрификации в большей мере на почвах тяжелого, чем легкого механического состава.

Так как микроорганизмы используют больше аммиачного, чем нитратного азота, то более высокий прирост урожая на всех почвах дала солома с NH_4NO_3 и особенно на почвах легкого механического состава (таблица 2). Под влиянием форм аммоний (NH_4OH , жила) происходит усиление процессов нитрификации и денитрификации (рисунок 1), последний оказывает отрицательное влияние на урожай.

В течение трех лет растения использовали азот лучше всего (примерно 30 %) из удобрения соломы на песчаной почве, так как здесь по сравнению с суглинистой и супесчаной почвой, азот меньше связан микроорганизмами.

На третий год после заделки соломы обнаружено частичное освобождение связанного микроорганизмами азота.

Выводы:

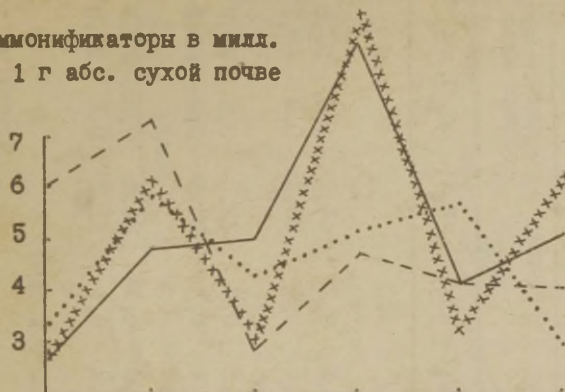
1. Определенное влияние на количество аммонифицирующих, нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий и на содержание легкоусвояемого азота оказывают механический

рисунок 1

Количество бактерий в песчаной почве

Аммонификаторы в милл.
в 1 г абс. сухой почве

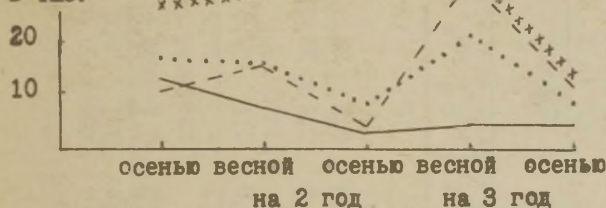
Варианты:
— солома
-- солома + NH_4NO_3
... солома + NH_4OH
xxx солома + жидка



1 мес. после зад. удобрения
осенью на 2 год
весной на 2 год
осенью на 3 год
весной на 3 год
осенью на 3 год

Нитрификаторы

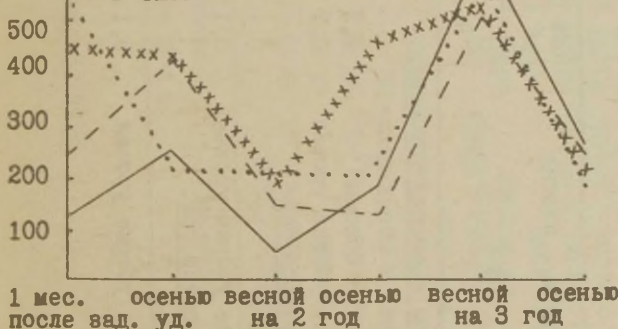
в тыс.



осенью на 2 год
весной на 2 год
осенью на 3 год
весной на 3 год
осенью на 3 год

Денитрификаторы

в тыс.



1 мес. после зад. уд.
осенью на 2 год
весной на 2 год
осенью на 3 год
весной на 3 год
осенью на 3 год

Таблица 1

Изменение азота (NO_3^- , NH_4^+) в песчаной почве мг/1000 г
(в среднем по 4 опытам)

Время взятия проб	Без соломы		Солома		Солома + NH_4NO_3		Солома + NH_4OH		Солома + на- возная жижка	
	NO_3^-	NH_4^+	NO_3^-	NH_4^+	NO_3^-	NH_4^+	NO_3^-	NH_4^+	NO_3^-	NH_4^+
<u>В год внесения удобрения</u>										
Спустя 1 месяц после										
заделки соломы	0,2	24,4	0,5	24,8	2,6	64,5	3,2	144,9	1,5	58,6
После уборки урожая	0,1	31,6	0,1	32,8	0,3	29,2	0,1	38,2	0,3	43,2
<u>На второй год</u>										
Весной	0,1	20,8	0,1	19,8	0,5	25,8	0,2	22,5	0,5	23,2
После уборки урожая	0,1	27,2	-	27,2	0,3	30,4	0,2	28,3	0,3	30,3
<u>На третий год</u>										
Весной	-	19,3	0,1	20,3	0,4	20,8	0,2	24,6	0,5	22,9
После уборки урожая	0,1	11,4	0,1	9,7	0,1	10,2	0,1	11,3	0,1	14,0

Таблица 2

Влияние соломенного удобрения на валовой урожай овса
(в среднем по 4 опытам)

Варианты	В год внесения удобрения	В первый год последствия	Во второй год последствия	Всего	
				г/ с посуд	%
<u>Песчаная почва</u>					
1 Без соломы	6,85 ± 0,75	14,37 ± 0,48	6,44 ± 0,26	27,7	100
2 Солома	5,62 ± 0,36	16,05 ± 1,23	7,55 ± 0,48	29,2	106
3 Солома + NH ₄ NO ₃	34,37 ± 1,29	27,75 ± 0,90	9,15 ± 0,52	71,3	258
4 Солома + NH ₄ OH	32,30 ± 0,78	15,39 ± 0,49	8,11 ± 0,69	55,7	201
5 Солома + наво- ная жижа	27,85 ± 1,61	16,50 ± 0,52	8,56 ± 0,53	52,9	191
<u>Суглинистая почва</u>					
1 Без соломы	20,55 ± 0,94	19,54 ± 0,88	10,22 ± 0,30	50,3	100
2 Солома	9,82 ± 0,94	17,96 ± 0,57	12,20 ± 0,72	40,0	79
3 Солома + NH ₄ NO ₃	33,82 ± 0,91	25,09 ± 1,00	14,07 ± 0,90	73,0	145
4 Солома + NH ₄ OH	31,57 ± 1,95	22,41 ± 0,69	14,85 ± 0,71	68,8	137
5 Солома + наво- ная жижа	24,67 ± 0,91	20,36 ± 0,60	11,01 ± 0,52	56,0	111

- состав почвы и форма добавки азотного удобрения к со-
ломе.
- 2 На песчаных почвах по сравнению с супесчаными и сугли-
нистыми во время разложения соломы азот в меньшей сте-
пени иммобилизуется.
 - 3 Солома с добавкой азота в форме NH_4OH на супесчаных и
суглинистых почвах усиливает процесс нитрификации и
обеспечивает накопление наибольшего количества аммиака
и нитратов.
 - 4 Добавка NH_4NO_3 к соломе применяемой на суглинистой поч-
ве, вызывает усиление денитрификации и в связи с этим
потери подвижного азота.
 - 5 На всех почвах за три года самый высокий прирост валово-
го урожая овса получен при добавке к соломе NH_4NO_3
меньше прирост дали прибавки NH_4OH и жижи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lemmermann O., Grütz W. Zur Frage der Strohdüngung. Z.
Pflanzenernähr., Düngung, Bodenkunde, 1949, 44.
2. Kick H., Dörh R. Untersuchungen zur Versorgung von Ack-
erboden mit organischer Masse durch Stroh und Stall-
mist. Z. Pflanzenernähr., Düngung, Bodenkunde, 1955, 70.
3. Ерофеев Н.С. Влияние соломы на микробиологические про-
цессы почвы. М. 1964, 15.
4. Березова Е.Ф., Сорокина Г.А. Влияние удобрений на мик-
рофлору почвы. Земледелие, 1963, 9.
5. Jung J., Riehle G. Mehrjährige Gefäßversuche zur Frage
der Strohdüngung und ihre Auswirkung auf die Stick-
stoffversorgung der Kulturpflanzen. Z. Acker und Pflan-
zenbau 1966, 123, H 4.
6. Вуйцик-Войтковая Д. Использование азота растениями и
его превращение в почве при внесении соломы и азотных
удобрений, М, 1966.
7. Мишустин Е.Н., Ерофеев Н.С. Устранение азотного дефици-
та в почве при использовании соломы в качестве органи-
ческого удобрения. Микробиология 1965, 34, № 6.

СОЕДИНЕНИЯ АЗОТА, ИХ ИЗМЕНЕНИЯ И ПРЕВРАЩЕНИЯ В ЧЕРНОЗЕМАХ

А.П.Щербаков

Воронежский государственный университет

Проблема азота является одной из важнейших проблем современной биологической науки и, в частности, биохимии и микробиологии почв.

Судьба соединений азота в почве определяется в основном процессами гумусообразования, скоростью разложения гумусовых веществ микроорганизмами и биохимической активностью почвы (2,6). Поэтому почвенный азот, в отличие от других элементов питания растений, почти полностью представлен различными органическими соединениями, что, естественно, затрудняет использование его растениями. Целью наших исследований являлось изучение форм азота в черноземах Центрально-черноземных областей (ЦЧО), их превращения и изменения под воздействием длительного сельскохозяйственного использования и некоторых приемов окультуривания почвы.

Объектами исследования служили основные подтипы черноземов ЦЧО: оподзоленный, выщелоченный, типичный, обыкновенный и южный черноземы.

При проведении исследований были использованы различные методы определения соединений азота в почве. С помощью двухступенчатого кислотного гидролиза 0,5 н. и 5 н. H_2SO_4 по методу Э.И.Шконде и И.Е.Королевой (7) азот почвы был разделён на четыре группы: минеральный, легко-, трудно- и негидролизуемый азот. Для определения аминокислотного состава почвенных гидролизатов использовался метод В.Ф.Турчина (5). Накопление свободных аминокислот изучалось с помощью льняной ткани, заложённой в почву, по методу Е.Н.Мишустина и А.Н.Петровой (3,4). Нитраты и обменный аммоний определялись соответственно с помощью дисульфифеноловой кислоты и реактива Несслера.

Нашими исследованиями установлено, что наибольшими запасами гумуса и азота, в пределах ЦЧО, обладают типичные черноземы. Эти показатели последовательно уменьшаются к северу

в выщелоченных и оподзоленных черноземах и к югу - в обыкновенных и каштановых черноземах. В целинных почвах содержание гумуса и азота значительно выше, чем в пахотных, но в профиле пахотных почв оно распределено более равномерно.

Примененная методика двухступенчатого кислотного гидролиза (7) позволила расчленить азотный фонд исследованных почв на ряд фракций, различных по своей агрохимической ценности:

- 1) соединения, являющиеся непосредственным источником питания растений (минеральный азот);
- 2) соединения, составляющие ближайший резерв для питания растений (легкогидролизуемый и отчасти трудногидролизуемый азот);
- 3) оставшаяся часть азота (трудно - и негидролизуемый азот), определяющая потенциальные запасы азота в почве.

В таблице 1 приведена лишь небольшая часть результатов исследования распределения и соотношения форм азота в профиле черноземов ЦЧО.

При длительном сельскохозяйственном использовании черноземов содержание в них минерального азота, как правило, несколько повышается, по сравнению с целинными аналогами. Это связано, естественно, с внесением минеральных удобрений, а также более лучшими условиями минерализации органических соединений азота в пахотных почвах по сравнению с целинными.

Содержание легкогидролизуемого азота в пахотном слое черноземов под влиянием их сельскохозяйственного использования уменьшилось, а в подпочве, наоборот, - в большинстве случаев, несколько повысилось. Для изученных почв характерно абсолютное уменьшение запасов трудногидролизуемого азота при их окультуривании (или сельскохозяйственном освоении). Это связано с переходом части трудногидролизуемого азота в стойкую негидролизуемую форму и, в меньшей степени, с повышенными процессами минерализации органического азота в окультуренных почвах.

Суммарное содержание гидролизуемых фракций азота (в % от общего) в черноземах ЦЧО довольно низкое - 17-23 %. При длительном сельскохозяйственном использовании черноземов в

Формы азота в черноземах

Таблица 1

П о ч в а	: Глубина,	: Общий	: Минеральный	: Легко-гидролизуемый	: Трудно-гидролизуемый	: Негидролизуемый
	: см	: азот,				
	:	: мг/кг	: в %	от общего	азота	
Типичный чернозем.	0-10	5051	1,2	7,5	15,0	76,3
Целинная степь, Белгородская обл.	40-50	2320	1,0	6,4	16,0	76,6
	80-90	1342	1,3	6,6	14,1	78,0
То же.	0-10	3684	1,7	6,3	13,1	78,9
Пашня.	40-50	2702	2,0	5,7	14,6	77,7
	80-90	1385	2,6	5,6	14,4	77,4
Обыкновенный чернозем.	0-10	5900	0,8	5,1	15,7	78,4
Целинная степь, Воронежская обл.	40-50	3000	0,3	4,8	14,5	80,4
	80-90	1060	-	3,6	18,4	78,0
То же.	0-10	3900	0,3	6,7	12,4	80,6
Пашня.	40-50	2400	0,6	6,4	15,1	77,9
	80-90	760	0,9	2,8	15,6	80,7

них произошло уменьшение абсолютного и относительного содержания гидролизующихся соединений азота.

Применение метода распределительной хроматографии на бумаге позволило выделить из кислотных гидролизатов черноземов ЦЧО 19 важнейших аминокислот (1). Качественный аминокислотный состав всех исследованных почв однороден. Преобладающими являются глицин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты, аланин, треонин и валин. Абсолютное содержание аминокислот в изучаемых почвах коррелируют с запасами в них общего и гидролизующего азота. Группа нейтральных аминокислот находится в почвах в наибольшем количестве.

Исследованные черноземы отличаются повышенным содержанием негидролизующего азота. Установленное соотношение меж-

ду формами азота является неблагоприятным для земледелия и должно учитываться при окультуривании почв.

При изучении влияния на плодородие почв разных доз минеральных удобрений, применяемых в многолетних стационарных опытах, нами установлено, что повышение дозы удобрений не всегда сопровождается пропорциональным увеличением запасов питательных веществ, в частности азота, в почве. Рядом исследователей отмечается даже факт увеличения фракции негидролизуемого азота на удобряемых делянках по сравнению с контрольными вариантами (6,7).

Для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, помимо непосредственного внесения в почву минеральных азотных удобрений, необходима разработка целого ряда мероприятий, способствующих переводу стойких органических соединений почвенного азота в доступные для растений формы (внесение бактериальных препаратов, усиливающих процессы аммонификации и нитрификации в почве, применение рациональных приемов обработки почвы и др.). Необходимость проведения таких исследований обусловлена и тем, что ещё длительное время урожаи сельскохозяйственных культур на черноземах будет получаться в основном за счет азота почвы.

Нами, совместно с В.В.Яровенко, на выщелоченных черноземах Воронежской и Липецкой областей изучались некоторые пути мобилизации почвенного азота с помощью различных приемов обработки почвы (8-10).

Исследовалось влияние прикатывания на динамику и мобилизацию соединений азота в почве в системе яблевой обработки, а также на чистых, занятых парах и в почве под кукурузой.

Проведенные исследования показали, что в системе яблевой обработки полупаровая обработка почвы в условиях лесостепи ЦЧО, в сухие годы, способствует увеличению как содержания минеральных соединений азота, так и общего количества микроорганизмов (на МПА) в почве.

Уплотнение чистых паров, посевов кукурузы, лущение вместо вспашки занятых паров способствует, как правило, более интенсивному накоплению общего количества микроорганизмов, минерального азота и свободных аминокислот в пахотном слое

почвы, что, повидимому, связано с повышением температуры и влажности пахотного слоя почвы. Наиболее интенсивно аминокислоты накапливаются в почве чистого пара, затем под кукурузой. На парах, занятых культурами сплошного сева, обнаруживается минимальное количество аминокислот, что можно объяснить ухудшением водного и воздушного режимов почвы, влияющих на интенсивность деятельности почвенных микроорганизмов.

При экстракции аминокислот из ткани, выдержанной в почве, и дальнейшем хроматографировании оказалось, что преобладающими являются те же аминокислоты (аспарагиновая и глутаминовая кислоты, аланин), которые были выделены из кислотных гидролизатов почв опытных делянок. Таким образом, наблюдается определенная взаимосвязь между содержанием связанных и свободных аминокислот и деятельностью сапрофитной микрофлоры в почве. В связи с тем, что разрушение целлюлозы в почве зависит от содержания в ней легкогидролизуемого азота, метод "аппликаций", по мнению Е.Н.Мишустина и А.Н.Петровой, позволяет судить об энергии мобилизационных процессов почвы в целом, т.е. её биологической активности.

Проведенные исследования показали, что несмотря на большие запасы азота в черноземах ЦЧО, важной практической задачей является разработка комплекса приемов его мобилизации.

Литература

1. Адерикин П.Г., Щербakov А.П. К вопросу об аминокислотном составе почв ЦЧО. - Биологические науки, 1970, № 6.
2. Кононова М.М., Александрова И.В. Применение метода распределительной хроматографии на бумаге при изучении форм азота гумусовых веществ. - Почвоведение, 1956, № 5.
3. Мишустин Е.Н., Петрова А.Н. Определение биологической активности почвы. - Микробиология, 1963, т.32, вып.3.
4. Мишустин Е.Н., Петрова А.Н. Образование свободных аминокислот на разрушающейся в почве целлюлозе. - Микробиология, 1966, т.35, вып. 3.
5. Турчин В.Ф. Роль минерального и биологического азота

- в земледелии СССР. - Почвоведение, 1956, № 6.
6. Шконде Э.И. Формы азота в почве и методы их определения. - В кн. "Удобрение и урожай на Полесье", Киев, 1965.
 7. Шконде Э.И., Королева И.Е. О природе и подвижности почвенного азота. - Агрохимия, 1964, № 10.
 8. Яровенко В.В., Щербаков А.П., Яровенко А.В. О влиянии различных систем зяблевой обработки черноземов на элементы плодородия и урожай. - В кн. "Научные основы рационального использования почв черноземной зоны СССР и пути повышения их плодородия", Кишинев, 1968.
 9. Яровенко В.В., Щербаков А.П., Яровенко А.В. Содержание микроорганизмов и аминокислот в почве на различных агротехнических фонах. - В кн. "Микроорганизмы в сельском хозяйстве", изд. МГУ, 1970.
 10. Яровенко В.В., Щербаков А.П., Яровенко А.В. Динамика свободных аминокислот как показатель интенсивности биологических процессов в почве. - Биологические науки, 1971, № 5.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ РАЗЛОЖЕНИИ НАВОЗА
И ВЛИЯНИЕ ЕГО НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ
И АЗОТНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ

С.М.Самосова, Л.И.Шитова, А.А.Мунина
В.И.Фильченкова, Г.Х.Мусина

Казанский институт биологии АН СССР
Казанский государственный университет

Проблема накопления и превращения азота в почве является важнейшей, привлекающей внимание микробиологов, почвоведов и агрохимиков. По Шконде (2), азот является тем биогенным элементом, судьба которого в почве всецело определяется процессом гумусообразования и биохимической активностью почвы. Одним из путей накопления азота является внесение минеральных и органических удобрений и в первую очередь — навоза. Эффективность навоза во многом зависит от хода микробиологических процессов как в самом навозе, так и почве после его внесения.

Настоящая работа посвящена изучению динамики микрофлоры навоза при его разложении в удобренной и неудобренной минеральным удобрением почве и его влияния на микрофлору последней. Учитывалась также динамика минерального азота в навозе и почве, формы азота и содержание гумуса в почве. Исследования проводились на опытах лаборатории почвенной зоологии института, заложенных по методике ст.н.сотр. М.М.Алейниковой (1). Навоз в капроновой сетке с ячейками 0,5 мм закладывался на глубину 10 см. Содержание гумуса в почве 6,8%, валового азота 0,38%, реакция близка к нейтральной. По всем показателям почва отнесена к луговому чернозему. Удобренный фон создавался внесением минеральных удобрений из расчета: мочевины 50 кг/га, суперфосфата 50 кг/га, хлористого калия 40 кг/га. Делался исходный анализ и затем пробы брались три раза в течение года.

Цифры таблицы I показывают, что динамика развития микроорганизмов различных групп в навозе различна в зависимости от их пищевых потребностей и приуроченности к различным стадиям разложения органического вещества. Максимум развития бактерий, растущих на МПА и крахмало-аммиачном агаре, наблюдался летом. Осенью, т.е. через год после закладки в почву, числен —

Т а б л и ц а I

Динамика численности микробного населения
в навозе при разложении его на удобренной
и неудобренной почве

Варианты опыта	7/X-67 г.	6/У-68 г.	26/УІ-68 г.	17/ІХ-68 г.
Бактерии на МПА млн/г				
Удобрённый	17,9	21,1	37,1	6,5
Неудобрённый	17,9	20,1	10,8	8,1
Бактерии на К/А млн/г				
Удобрённый	10,1	9,4	15,9	12,6
Неудобрённый	10,1	20,6	28,2	18,8
Нитрификаторы тыс/г				
Удобрённый	7,2	18,7	12,4	20,2
Неудобрённый	7,2	18,3	9,5	32,5
Аэробные целлюлозоразлагающие тыс/г				
Удобрённый	47,2	28,1	8,9	9,8
Неудобрённый	47,2	26,5	19,0	7,3
Актиномицеты млн/г				
Удобрённый	3,4	4,3	9,2	34,9
Неудобрённый	3,4	3,4	4,2	25,1
Грибы тыс/га				
Удобрённый	16,4	75,8	41,8	11,3
Неудобрённый	16,4	33,1	34,8	5,8
Сумма микроорганизмов млн/г				
Удобрённой	31,5	35,9	62,2	54,0
Неудобрённый	31,5	44,2	43,3	52,0

ность бактерий, использующих органический азот, была значительно ниже исходного уровня, а бактерий, использующих минеральные формы азота — выше исходного на обоих участках. Численность грибов была наибольшей весной, актиномицетов — через год после внесения навоза в почву.

Динамика развития аэробных целлюлозоразлагающих микроорганизмов была зеркальным отражением таковой нитрификато-

ров: если у первых максимум наблюдался в исходном навозе и постепенно уменьшался, то у вторых максимум наступил через год, превзойдя исходный уровень в 3 – 4 раза. При разложении навоза на удобренном участке в нем повысилось количество грибов и актиномицетов и уменьшилось количество бактерий, растущих на К/А.

На рис. I показана доля участия отдельных групп микроорганизмов в различные сроки разложения навоза.

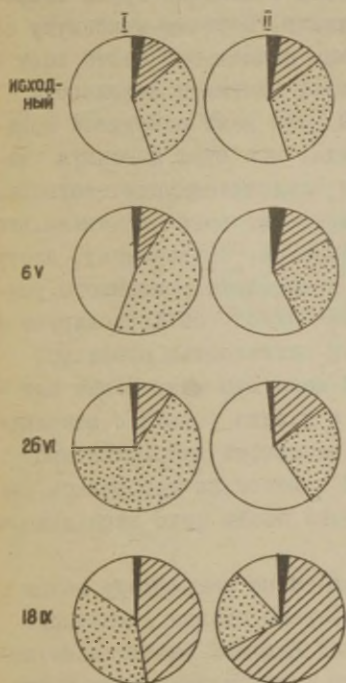


Рис. I

Соотношение различных групп микроорганизмов в навозе
 I – неудобренный участок
 II – удобренный участок
 □ – бактерии на МПА

В исходном навозе более половины составляли аммонифицирующие бактерии, 31,6% – бактерии, усваивающие растворимые формы азота и лишь 10,7% составляли актиномицеты. Через год в навозе значительно сократилась доля аммонифицирующих бактерий и возросла доля актиномицетов, а на неудобренном фоне возросла и доля бактерий, усваивающих минеральный азот. Вышеизложенное свидетельствует о постепенном истощении запасов органического азота и накоплении его растворимых форм. На удобренном участке более длительное время сохранялась на высоком уровне доля бактерий, растущих на МПА, что указывает на более замедленное разложение навоза на этом участке. По данным Алейниковой (I), через 9 месяцев в контрольной почве вес навоза убавился на 39%, в удобренной на 28%, через год на 43,5 и 39,5% соответственно.

■ – бактерии на К/А
 ▨ – актиномицеты
 ■ – прочие

Из рис.2 видно, что максимум содержания аммиачного и нитратного азота в навозе был осенью 1967 г. и второй максимум - через год.

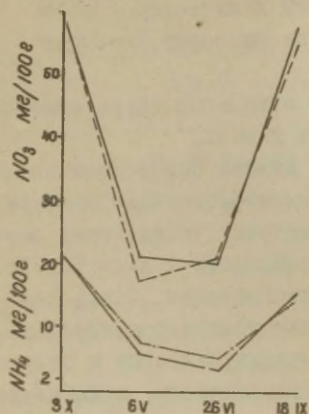


Рис.2

Динамика накопления минерального азота в навозе.

- навоз неудобренный
- навоз удобренный
- навоз неудобрен.
- навоз удобрен.

Накопление аммиачного азота является результатом деятельности разнообразных микроорганизмов, поэтому нет строгой корреляции между накоплением аммиака и численностью отдельных групп микроорганизмов. Первому максимуму содержания аммиачного азота соответствует максимум активности уреазы. Это дает основание предположить, что этот максимум является следствием усиленного разложения в это время мочевины. Второй максимум, по-видимому, наступил в результате усиленного разложения белков, он коррелирует с высокой активностью протеазы.

Второй максимум накопления нитратов в навозе совпал с максимумом численности нитрификаторов.

Весной и летом на удобренном участке содержание аммиачного и нитратного азота было несколько выше.

На рис. 3 изображено влияние навоза на микрофлору почвы. Из него видно, что внесение навоза вызвало сдвиги в динамике развития микрофлоры почвы. В почве под навозом значительно повысилась численность аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий, актиномицетов и уменьшилась численность целлюлозоразлагающих бактерий. Последние, очевидно, свидетельствуют о замедлении разложения органического вещества почвы при внесении навоза. Вышеперечисленные нами изменения произошли как на неудобренном, так и удобренном участках. Весной и летом на удобренном участке была значительно выше численность грибов.

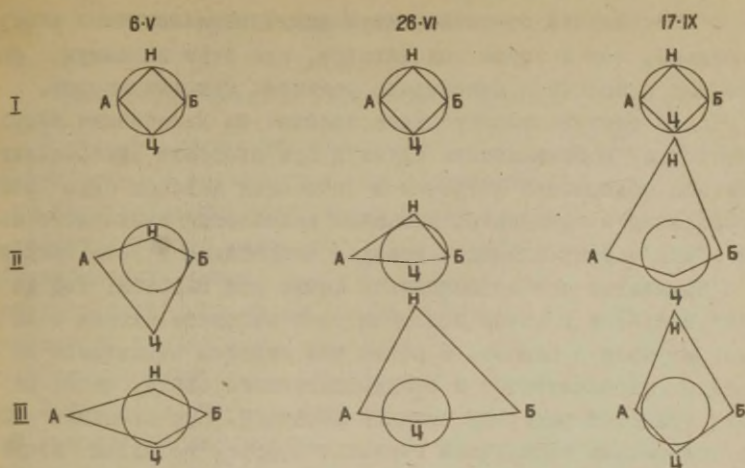


Рис.3 Влияние навоза на микрофлору почвы.

I - почва вне влияния навоза
 II - почва под навозом, неудобренная
 III - почва под навозом, удобренная
 А - актиномицеты, Б - бактерии на МПА
 Н - нитрификаторы, Ц - целлюлозоразлагающие

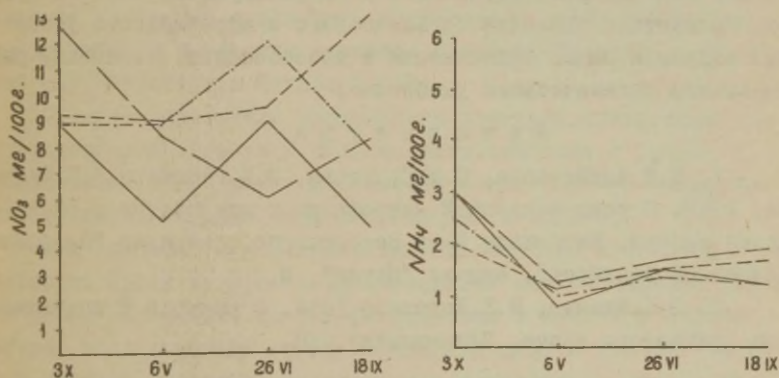


Рис.4 Влияние навоза на накопление минерального азота в почве

— почва вне влияния навоза неудобренная
 — почва под навозом неудобренная
 — почва вне влияния навоза удобренная
 - - - почва под навозом удобренная

В контрольной почве максимум накопления нитратов наступил раньше, чем в почве под навозом, где этот максимум был через год и совпал с максимумом развития нитрификаторов.

Навоз оказал положительное влияние на накопление нитратов в почве. В большинстве случаев при внесении минерального удобрения содержание нитратов в почве под навозом было выше по сравнению с контролем. Динамика накопления аммиачного азота в общих чертах сходна с таковой нитратного и есть тенденция к повышению его содержания в почве под навозом. Ход динамики нитратов в почве под навозом в основном сходен с таковыми нитратов в навозе. В почве под навозом повысилось содержание гидролизуемого и негидролизуемого азота, часть которого является резервом питания растений. При внесении навоза повысилась содержание гумуса с 6,89% в исходной почве до 7,5 - 7,9% через год, в то время, как в контрольной почве увеличения гумуса не произошло.

Приведенные результаты показали, что внесение навоза повышает биологическую активность даже богатых гумусом почв, повышает содержание минерального и гидролизуемого азота и гумуса. Совместное внесение органического и минерального удобрения является более эффективным и способствует экономному расходованию органического удобрения.

Л и т е р а т у р а

1. М.М.Алейникова, С.М.Самосова, Н.М.Утробина, Л.И.Шитова. 1969. О роли почвенной микрофлоры и микрофауны в разложении навоза. Материалы III-го Всесоюзного совещания "Проблемы почвенной зоологии". Изд-во "Наука", М.

2. Э.И.Шконде, И.Е.Королева, 1964. О природе и подвижности почвенного азота. "Агрохимия", 10.

**Активность превращения азота органических веществ
в подзолистых суглинистых почвах Карелии**

В.В.Ершов

(Институт биологии Карельского филиала АН СССР)

Изучение активности превращения азотсодержащих органических веществ проводилось под естественной растительностью и на окультуренных подзолистых суглинистых почвах, развитых в условиях подзон северной (Калевальский район) и средней (Питкярантский район) тайги Карельской АССР. В условиях северотаежной подзоны на участках Войничского стационара наблюдения проводились под ельником воронично-черничным, тимopheеchnиком щучково-разнотравным и на пашне под посевом ржи. В среднетаежной подзоне на Ляскельском стационаре лесной участок занимает ельник чернично-кисличный, а освоенные участки - мелкозлаково-бобово-разнотравный луг и пашня с культурой озимой ржи.

На участках различных угодий в динамике определяли численность отдельных групп микроорганизмов, протеолитическую активность почв по методике Гофмана (3), интенсивность разложения клетчатки и скорость образования аминокислот непосредственно в природных условиях методами Вострова и Петровой (1), Мишустина и Петровой (2).

Средние показатели численности бактерий, учитываемых на почвенной агаризованной вытяжке, актиномицетов и грибов в подзолистых суглинистых почвах, полученные из 4-х определений за вегетационный период, приведены в табл. I.

Как видно из приведенных данных, различия комплекса факторов среды северо- и среднетаежной подзон Карелии весьма резко отражается на распространении в лесных и луговых почвах исследованных групп микроорганизмов. В подзоне средней тайги в указанных типах угодий бактерии на почвенной вытяжке, актиномицеты и микроскопические грибы представлены значительно богаче, чем в почве участков лесной и луговой растительности, развитой в условиях северотаежной подзоны.

Таблица I

Численность микроорганизмов в подзолистых суглинистых
почвах различных угодий. 1971 г.

(в млн. на I г. органического вещества - углерода)

Место взятия образца почвы	Угодье	Горизонт	Глубина взятия об- разца, см	Бактерии на почвен- ной вытяжке	Антино- мисеты	Грибы
Подзона северной тайги, Кадевальский район.	Лес	A ₀	0 - 8	28	0,2	3,7
		A ₁ A ₂	12 - 20	31	0,5	2,3
	Луг	A _I	I - 10	190	31,4	0,9
	Пашня	A _{пах.}	0 - 20	3438	88,1	1,3
Подзона средней тайги, Питкярантский район.	Лес	A ₀	0 - 5	58	0,9	4,4
		A _I	5 - 10	76	0,9	3,2
	Луг	A _I	I - 16	585	155,7	6,5
	Пашня	A _{пах.}	0 - 20	1758	181,3	8,6

Распахивание, обработка, удобрение, выращивание культурных растений и другие мероприятия очень сильно воздействуют на микрофлору подзолистых суглинистых почв, повышая ее биогенность и активность. Так, если в почвах лесных участков количество бактерий на почвенной вытяжке в среднем достигает десятков тысяч, то в освоенных луговых они составляют сотни миллионов, а в пахотных — единицы миллиардов в расчете на 1 г органического вещества почвы. Подобное же стимулирующее действие оказывает окультуривание суглинистых почв и на развитие аммонифицирующих бактерий, их споровых форм и актиномицетов. Что касается грибов, то их относительное содержание в процессе освоения суглинистых почв резко уменьшается.

Кроме анализа состава микрофлоры подзолистых суглинистых почв одновременно в свежих образцах проводилось определение протеолитической активности (Рис.).

По средним за вегетационный период данным протеолитическая активность почв леса и луга северотаежной подзоны составляет 23,8 — 27,6 мг, а в условиях среднетаежной подзоны — 34,2 — 61,1 мг аминного азота на 1 г органического вещества почвы. Аналогичная закономерность отмечается и в распространении бактерий, грибов и актиномицетов. Если же сопоставить средние показатели биологической активности пахотных почв северо- и среднетаежной подзон, то оказывается, что в первой общая численность бактерий в 2 раза, а активность протеазы в 3,5 раза выше, чем во второй. Возможно, что такое различие объясняется степенью окультуренности почв и урожайностью ржи, который в 1971 г в условиях северотаежной подзоны был значительно выше. Лесные почвы (Гор. А₁, А₁А₂) в пределах рассматриваемых подзон выделяются меньшей биогенностью и активностью протеазы по сравнению с луговыми почвами (Гор. А₁). Сравнительно высокая протеолитическая активность подстилок в основном обусловлена ферментами растительного происхождения.

Характер сезонных изменений протеолитической активности подзолистых суглинистых почв различных угодий представлен на рис. Как видно из представленных кривых наиболее значи-

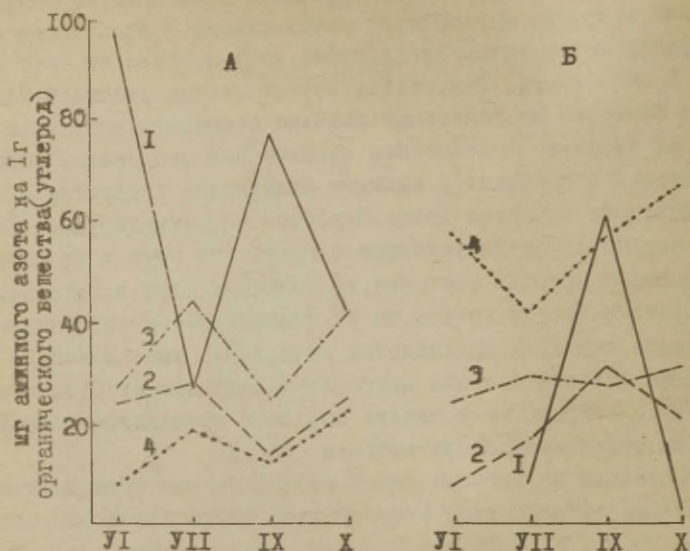


Рис. Динамика протеолитической активности подзолистых суглинистых почв разных угодий. А-подзона средней тайги, Б-подзона северной тайги. 1-лес(A_0), 2-лес(A_1A_2), 3-луг(A_1), 4-пашня($A_{паш}$).

тельно варьирует активность протеазы в образцах, отобранных из горизонта A_0 лесных участков. На динамику протеазы в этих условиях большое влияние оказывает время поступления органического вещества с отмершими органами травяно-кустарничкового покрова и древесного опада, а также наиболее резкие изменения температуры и влажности в слое подстилки.

Разложение растительных остатков, поступающих в почву ельника чернично-кисличного протекает сравнительно медленно (Табл.2.). В этих условиях за год убыль веса, заложенной клетчатки равна: в горизонте A_0 -46,2% и в горизонте A_1A_2 -33,7%. В почвах мелкозлаково-бобово-разнотравного луга и на пашне под рошью за год разложилось соответственно в горизонте A_1 87,5% и в горизонте $A_{паш}$ -88,7% заложенной клетчатки. Отмеченные различия активности распада клетчатки в почвах разных угодий наблюдаются и в процессе накопления аминокислот. В усло-

Таблица 2

Разложение клетчатки в подзолистых
суглинистых почвах разных угодий.
Подзона средней тайги

Угодье	Горизонт	Глубина заделки ткани, см	% убыли клетчатки с 20.VI 1969г. по 25.VI.1970г.
Ельнич чернично- кисличный	A ₀	0 - 5	46,2
	A ₁ A ₂	5 - 15	33,7
Мелкозлаково-бобово- разнотравный луг	A _I	5 - 15	87,5
Пашня (рожь)	A _{пах.}	3 - 13	88,7
		13 - 20	73,7

виях северо- и среднетаежной подзон в луговых и пахотных почвах аминокислоты накапливались в 1,4 - 1,8 раза интенсивнее, чем в лесных почвах.

Таким образом, окультуривание подзолистых суглинистых почв оказывает сильное стимулирующее влияние на микробиологические процессы превращения органических веществ в условиях северо- и среднетаежной подзон Карелии.

Литература

1. Востров И.С., Петрова А.Н. Определение биологической активности почвы различными методами. Микробиология, т.30, вып.4, 1961.
2. Мишустин Е.Н., Петрова А.Н. Образование свободных аминокислот на разрушающейся в почве целлюлозе. Микробиология, т.35, вып.3, 1966.
3. Hoffmann G., Teicher K. Das Enzymsystem unserer Kulturboden Y11. Proteasen. Z.Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde, Bd.77, H.3, 1957.

ПОТЕРИ АЗОТА И ИНТЕНСИВНОСТЬ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В НЕКОТОРЫХ ПОЧВАХ МОЛДАВИИ.

Р.М.Чернобровина, А.Д. Барсукова
Молд.НИИ почвоведения и агрохимии
им. Н.А.Димо

В обеспечении естественного азотного режима почвы решающая роль принадлежит микроорганизмам, поэтапно превращающим органические соединения азота до более простых - минеральных форм.

В течение ряда лет изучалась динамика численности аммонифицирующих, нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий и их влияние на содержание аммиачного и нитратного азота в трех почвах Молдавии (черноземе карбонатном, черноземе выщелоченном и серой лесной почве). Установлено, что численность соответствующих групп бактерий не только обуславливает содержание подвижных форм азота, но и определяет потенциальную способность почв к их накоплению. Вместе с тем направленность микробиологических процессов, регулирующих содержание азота в почве, связана как с его накоплением, так и с потерями. В условиях лабораторного опыта была определена энергия процессов аммонификации, нитрификации и денитрификации.

Почву, просеянную через 2-х мм сито, в количестве 100 г помещали в чашки Коха, увлажняли до 60 % от ПВ и выдерживали в термостате при t 27-30°C в течение 7 дней для определения аммонифицирующей способности, 15 дней - нитрифицирующей и денитрифицирующей. Энергию процесса денитрификации определяли методом компостирования почвы с KNO_3 . Полученные данные (см.табл. 1) свидетельствуют о том, что генетические особенности почв накладывают определенный отпечаток на интенсивность микробиологических процессов превращения азота. Так, в карбонатном черноземе наиболее выражен процесс нитрификации, что соответствует самой высокой численности нитрифицирующих

Таблица 1

Энергия процессов аммонификации, нитрификации
и денитрификации в некоторых почвах Молдавии

Почва	Аммонифицирующие бактерии, млн на 1 г абс. сухой почвы	NH_4^+ , мг на 100 г абс. сухой почвы		Нитрифицирующие бактерии, тыс. на 1 г абс. сухой почвы	NO_3^- , мг на 100 г абс. сухой почвы		Денитрифицирующие бактерии, титр	NO_3^- , мг на 100 г абс. сухой почвы	
		в исход- ной по- чве до опыта	через 7 суток		в исход- ной поч- ве до опыта	через 15 суток		в исход- ной по- чве до опыта с KNO_3	через 15 суток
Карбонатный чернозем	3,0	0	0,7	18,8	1,2	18,1	$10^{-3,8}$	204,5	193,1
Выщелоченный чернозем	1,5	0,3	1,3	1,1	0	14,8	$10^{-5,4}$	203,8	112,4
Серая лесная почва	1,6	1,3	3,0	0,7	0	9,3	$10^{-5,0}$	203,7	138,9

бактерий в этом подтипе почв. Видимо такая напряженность процесса нитрификации не позволяет установить предельные величины аммонифицирующей способности, так как образующийся аммиак быстро нитрифицируется. Серая лесная почва характеризуется самой высокой напряженностью процесса аммонификации, нитрификация здесь идет слабо. Привлекает внимание высокая энергия процесса денитрификации, что соответствует и большей численности этих бактерий на выщелоченном черноземе по сравнению с другими почвами. Убыль нитратов в 91 мг на 100 г почвы, при начальном его содержании в 203 мг, свидетельствует о возможности значительных потерь азота из этих почв, особенно в связи с применением минеральных удобрений.

Исследования в этом направлении были продолжены в полевых условиях на черноземе выщелоченном и серой лесной почве. Определялись потери азота из почвы в форме аммиака по методу Макароза (1964). Поскольку образование газообразных форм азота в почве сопряжено с деятельностью микроорганизмов, мы поставили задачу установить взаимосвязь между численностью аммонифицирующих, нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий, содержанием аммиака и нитратов, с одной стороны с интенсивностью выделения аммиака из почвы, с другой. Отбор почвенных образцов и определение интенсивности выделения аммиака проводились 4-5 раз за вегетационный период в течение 1969-70 гг. на паровых делянках по схеме: контроль, ^{16}O ^{18}O ^{16}O ^{18}O ^{16}O . В почвенных образцах учитывались аммонифицирующие бактерии на МПА, нитрифицирующие - на голодном агаре с аммонийно-магниевой солью, денитрифицирующие - на среде Гильтая. Кроме того определялось содержание аммиака и нитратов в почве. Обобщенные данные приведены в таблице 2.

Анализ полученных данных показывает, что процессы аммонификации, нитрификации и денитрификации протекают на этих почвах с различной интенсивностью. Отсутствие растений на объектах исследования позволяет в первую очередь выявить влияние почвенных особенностей на изу-

чаемые процессы.

Таблица 2

Выделение NH_3 из почвы в зависимости от содержания в ней азоттрансформирующих бактерий, аммиака и нитратов

Варианты	Бактерии на МПА	Нитрифицирующие бактерии	Денитрифицирующие бактерии, титр	NH_4	NO_3	Интенсивность выделения аммиака, г/га час
	тыс. на 1 г абс.сухой почвы			мг на 100 г сухой почвы		

Выщелоченный чернозем

Контроль	2726	2,0	10^{-6}	3,0	4,7	0,3
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	3412	5,0	10^{-7}	3,5	7,9	0,6

Серая лесная почва

Контроль	3015	1,6	10^{-5}	2,0	5,3	0,03
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	3839	2,0	10^{-6}	2,4	9,6	0,12

Численность изучаемых групп бактерий, как показатель интенсивности азотного обмена, выше на выщелоченном черноземе. Выше здесь и содержание аммиачного азота. Несколько пониженное содержание нитратов, вопреки высокой напряженности процесса нитрификации, следует, видимо отнести за счет активной деятельности денитрифицирующих бактерий. Приведенные средние данные по интенсивности выделения аммиака из почвы разумеется не дают представления об абсолютных величинах потерь азота в этой форме, тем не менее они значительно усиливают сравнительный эффект при изучении различных почв и вариантов опытов. Изучение динамики интенсивности этого процесса

показало, что в течение лета он подвержен значительным колебаниям и максимум его при достаточной влажности совпадает во времени с преобладанием высоких температур. Нельзя не отметить и динамического соответствия этого процесса с повышением содержания в почве аммиака или нитратов. Это свидетельствует о том, что потери азота из почвы в форме аммиака происходят как в результате процесса аммонификации, так и денитрификации, причем с некоторым преимуществом последнего, что подтверждается и анализом микробиологических данных. Так, повышенному содержанию аммиачного азота в почве, в частности, предшествует активизация роста аммонифицирующих бактерий, усиленное накопление нитратов сопровождается увеличением численности денитрифицирующих бактерий.

Данные таблицы 2 по влиянию минеральных удобрений на изучаемые процессы показывают, что удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ на выщелоченном черноземе и серой лесной почве оказывают стимулирующее влияние на деятельность аммонифицирующих, нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий, при этом также усиливается и интенсивность выделения аммиака из почвы.

Л и т е р а т у р а

1. Макаров Б.Н., Игнатова В.П. - Определение газообразных потерь азота из почвы. "Почвоведение", 1964, № 4.

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ И АЗОТНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ

С.П.Гордецкая и В.И.Кучеренко

Украинский научно-исследовательский институт земледелия

В стационарном опыте Украинского научно-исследовательского института земледелия, заложенном на серой оподзоленной почве Лесостепи УССР в 1961 году с целью изучения влияния доз и соотношений основных видов удобрений на продуктивность культур зерно-свекловичного севооборота, установлено, что для большинства изучаемых культур азот в данных условиях находится в первом минимуме / 1,2 и др./

Азот почвы, представленный в основном в форме органических азотсодержащих веществ самой разнообразной структуры - белковых соединений, аминокислот, нуклеиновых кислот, пуриновых оснований, аминов, амидов, фосфатидов, алкалоидов, мочевины, мочевины - становится доступным для растений только в результате минерализации органического вещества, т.е. в результате сложного биологического процесса, в котором принимают участие бактерии, актиномицеты, грибы.

Не вызывает сомнения тот факт, что в системе почва-растение-удобрение-микроорганизмы все взаимосвязано и взаимобусловлено. Если говорить об азоте, то в этой системе, с одной стороны, азот удобрений, попавших в почву, претерпевает целый ряд превращений под воздействием микроорганизмов; с другой стороны, активность азотпревращающей микрофлоры зависит от состояния и содержания азота в почве. Другое дело, насколько существующие методы анализа позволяют уловить эту взаимосвязь.

Мы пытались изучить влияние удобрений на некоторые формы азота в почве - азот трудногидролизуемый /холодный гидролиз в 5н. H_2SO_4 в течение 20 часов/, легкогидролизуемый /холодный гидролиз в 0,5н H_2SO_4 в течение 20 часов/, аммиачный, нитратный до и после компостирования в течение 12 суток - и на количество грибов, актиномицетов, аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий. Влияние возделываемой культуры на эти

показатели мы не вычленили.

Изучение проводилось в динамике в почве под культурой гороха, заканчивающей ротацию Ю-польного севооборота и испытывающей последствие как органических, так и минеральных удобрений, внесенных под предшествующие культуры. Для изучения данного вопроса выбрано 4 варианта. Ниже приводится содержание вариантов, баланс азота, сложившийся в севообороте за ротацию в этих вариантах и урожай основной продукции всех культур в кормовых единицах.

№ вари- антов	содержание вариантов	внесено азота за ротацию кг/га	вынесено азота за ротацию кг/га	баланс азота кг/га	урожай основной продукции в к.ед.
№	без удобрений / контроль /	35,1	581,0	-545,6	380,9
6	навоз - 60т	396,4	836,6	-440,4	457,5
II	$N_2P_2K_2$	535,4	1094,4	-559,0	543,6
12	навоз + $N_2P_2K_2$	896,4	1182,6	-286,2	563,9

Приведенные данные показывают, что в севообороте складывается дефицит азота даже при внесении двойной дозы МК на фоне навоза / максимальная доза азота в изучаемом опыте/. Несмотря на отрицательный баланс азота, который в контроле и в варианте с минеральными удобрениями одинаков, длительное внесение удобрений сказывается в год последствия на изменении группового состава его в почве. При этом наблюдается варьирование в содержании различных форм азота не только между вариантами, но и в динамике в течение вегетации. Так, содержание легкогидролизуемого азота / рис. 1А / в почве контрольного варианта было минимальным во все сроки отбора образцов, причем, к концу июня количество его снизилось по сравнению с начальным периодом вегетации. При внесении только минеральных удобрений в двойной дозе или в сочетании их с навозом количество легкогидролизуемого азота поддерживается на высоком уровне во все сроки отбора почвенных образцов. Содержание трудногидролизуемого азота / рис. 1б / снизилось к середине лета во всех вариантах опыта. Различия между вариантами в его

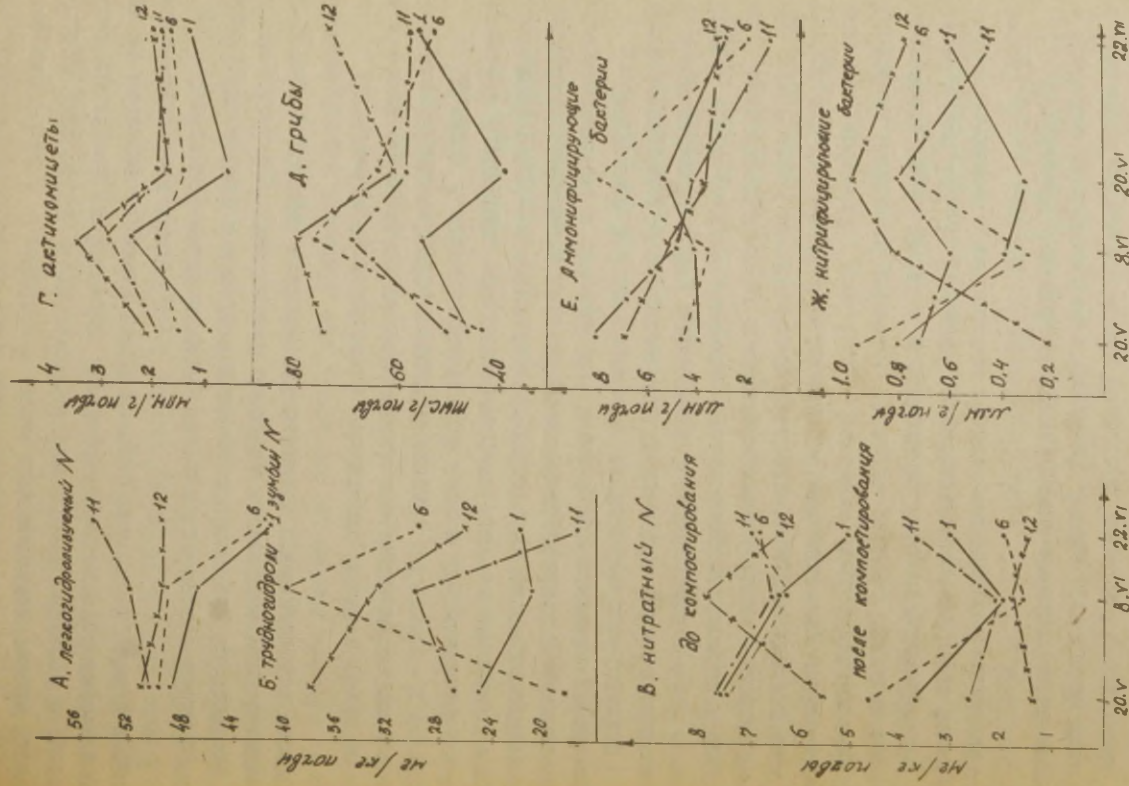


Рис. 1

1 - контроль 6 - навоз

11 - $N_2P_2K_2$ 12 - навоз + $N_2P_2K_2$

содержании существенны. Максимальное количество легкогидролизуемого азота содержится в почве при внесении только минеральных удобрений, трудногидролизуемого – в варианте с органоминеральными удобрениями. Нитрификационная способность почвы по Кравкову выражает такую же закономерность, как и трудногидролизуемый азот.

Содержание же нитратного азота почти во все сроки определения меньше в вышеуказанных вариантах, чем на контроле / рис. 1в/. Особенно велики различия в середине мая. Вариант с навозом для всех показателей занимает промежуточное положение.

Существенного количества аммиачного азота в почве во все сроки определения не обнаружено, по-видимому из-за высокой активности нитрифицирующих бактерий.

Трудно- и легкогидролизуемый азот в почве являются в основном продуктами жизнедеятельности грибов, актиномицетов, нитратный азот – продукт жизнедеятельности нитрифицирующих бактерий. Рассмотрим, как изменяется содержание указанных микроорганизмов в течение вегетации и под влиянием удобрений.

Полученные данные указывают на наличие определенной закономерности в содержании отдельных групп микроорганизмов и обеспеченности почвы различными формами азота. Прежде всего следует отметить, что количество грибов / среда – овекловичный агар/ и актиномицетов / среда – крахмал – аммиачный агар/ во все сроки определения минимальное в варианте без удобрений и максимальное при внесении органо-минеральных удобрений / рис. 1г, д/. Внесение только минеральных удобрений несколько угнетает развитие грибов. Такая же закономерность имеет место и в содержании трудногидролизуемого азота / рис. 1б/. В динамике трудногидролизуемый азот изменяется сопряженно с изменением количества грибов и актиномицетов.

Содержание аммонифицирующих / среда – мясопептонный агар/ и особенно нитрифицирующих бактерий / среда – голодный агар с аммонийно-магниевой солью фосфорной кислоты/ в отдельные сроки отбора образцов значительно варьирует в зависимости

от вносимых удобрений, хотя в среднем за вегетацию различия между вариантами не существенны. Например, во второй декаде июня количество нитрифицирующих бактерий в почве контрольного варианта в 3,3 раза меньше, чем в варианте с внесением органических удобрений, а в среднем за вегетацию — только в 1,2 раза. Если содержание грибов и актиномицетов в варианте без удобрений минимальное, то этого нельзя сказать в отношении аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий. Более того, в отдельные периоды вегетации их количество в удобренных вариантах меньше, чем в контрольном. Можно с уверенностью сказать, что эти данные не случайны, ибо динамика нитрифицирующих бактерий строго повторяет динамику нитратного азота до и после компостирования /рис. 1ж, г/, хотя количественное соотношение в содержании бактерий и азота между вариантами для обоих переменных не всегда одинаково. Например, в варианте с органоминеральными удобрениями количество нитратного азота до компостирования минимальное, а содержание нитрифицирующих бактерий — максимальное. Между этими переменными найдена высокая положительная корреляция $r = 0,84$.

Таким образом, органические и минеральные удобрения при длительном их применении в севообороте оказывают существенное последствие на количественный и качественный состав микрофлоры серой оподзоленной легкосуглинистой почвы, принимая участие в минерализации органического вещества и высвобождении доступного для растений азота. Содержание последнего в почве коррелирует с количеством определенных групп микроорганизмов.

Л и т е р а т у р а

1. ЛАЗУРСКИЙ А.В. и В.Н. ЛЕБЕДИНСКАЯ. — О диагностике потребности сахарной свеклы в элементах питания. — Химия в сельском хозяйстве, 1969, I, 61-65
2. ЛАЗУРСКИЙ О.В. і Р.І. КОРДИНАЛОВСЬКА — Потреба кукурудзи в окремих мінеральних добривах на сірому опідзоленому ґрунті. — Вісник с.-г. науки, 1969, 3, 45-49.

АКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССОВ АММОНИФИКАЦИИ И НИТРИФИКАЦИИ ПРИ 8-ЛЕТНЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГЕРБИЦИДОВ.

Т.П. Зубец

Северо-Западный НИИ сельского хозяйства.

На современном уровне насыщенности земледелия химическими средствами борьбы с сорняками возникла необходимость разработки научно обоснованной системы гербицидов применительно к севообороту, которая способствовала бы более полному очищению полей от сорняков и исключала бы гибель сельскохозяйственных растений от гербицидов, применяемых в предшествующие годы. Однако такое интенсивное использование гербицидов может оказывать отрицательное действие на почвенные микробиологические и биохимические процессы.

Литература о влиянии гербицидов на численность почвенных микроорганизмов обширна, однако данных по изучению этого вопроса при систематическом применении гербицидов в севообороте нет.

Нами изучалось влияние 8-летнего ежегодного применения гербицидов на микробиологические и биохимические процессы в почве. Исследования проводились в полевом севообороте в многолетнем опыте, заложенном в 1964 году на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве /гумус - 2,4%, рН в КС₂ - 5,3/. Чередование культур в севообороте следующее: горох с овсом, озимая рожь, картофель, ячмень с подсевом многолетних трав, травы 1 и 11 года пользования, кормовая брюква, ячмень. Изучалось несколько ротаций гербицидов, последовательность которых разработана с учетом чередования культур:

1. Контроль /без гербицидов/.

2. 2,4-Д, 2,4-Д, 2,4-Д, 2,4-Д, 2М-4ХМ, гербициды не применялись, семерон, 2,4-Д.

3. ДНОК, ДНОК, прометрин, 2М-4Х, 2М-4ХМ, 2М-4ХМ, семерон, 2,4-Д.

4. Небурон, 2,4-д, монурон, 2М-4Х, 2М-4ХМ, 2М-4ХМ, семерон, 2,4-Д.

5. 2М-4Х, 2,4-д, пирамин, 2М-4Х, 2М-4ХМ, 2М-4ХМ, семерон, 2,4-Д.

Особое внимание уделялось характеристике азотного режима. Превращение азота в почве связано с деятельностью различных микроорганизмов - аммонифицирующих, нитрифицирующих и ряда других. Но определения численности этих микроорганизмов недостаточно для характеристики интенсивности процессов превращения азотсодержащих веществ в почве. Поэтому мы определяли также активность почвенных ферментов, участвующих в минерализации различных соединений азота - белков /протеаза/ и амидов /уреаза/. Биохимическая активность нитрифицирующих бактерий охарактеризована нитрификационной способностью почвы.

Биологические исследования почвы проводились ежегодно, в 1972 году уже изучалось влияние 8-летнего наложения гербицидов в севообороте.

Микробиологические анализы проводились в свежевзятых образцах почвы с пахотного горизонта 0 - 20см методом посева почвенных разведений на соответствующие алевтивные среды: численность аммонифицирующих микроорганизмов учитывалась на пептонной воде, нитрифицирующих - на водном агаре с использованием аммонийно-магниевои соли.

Активность ферментов определялась в воздушно сухих образцах по методам, описанным в монографии Купревича и Щербаковой /1/. Активность уреазы определялась по интенсивности разложения мочевины /5% раствор/ в присутствии фосфатного буфера рН-6,7; протеазы - желатина /2% раствор/. Нитрификационная способность почвы определялась по методу С.П.Кравкова. Повторность анализов четырехкратная.

Результаты исследований показали, что после систематического в течение 8 лет применения гербицидов численность аммонифицирующих микроорганизмов по некоторым ва-

риантам возрастает в 9-12 раз /табл.1/. Многочисленные данные по влиянию гербицидов на эту группу микроорганизмов при разовом их применении противоречивы, но результаты большей части работ сводятся к установлению положительного действия этих препаратов на развитие аммонификаторов /2,3,4/. В некоторых работах показано, что гербициды, применяемые даже в дозах, превышающих производственные в 100 раз, не снижают численности аммонифицирующих микроорганизмов /6/. По-видимому, устойчивость этих микроорганизмов связана с высокой приспособляемостью их к неблагоприятным условиям. Кроме того, гибель сорняков и попадание дополнительного органического вещества в почву является важным фактором, стимулирующим развитие аммонификаторов /5/.

Ежегодное использование гербицидов не угнетало также развития нитрифицирующих бактерий; имеющиеся отклонения от контроля несущественны и математически недостоверны.

Таблица 1.

Активность процессов аммонификации и нитрификации при многолетнем использовании гербицидов.
/на 1г почвы/

Варианты	Нитрификаторы /тыс/	Аммонификаторы /млн/	Протеаза /мг аминного азота за 48 часов/	Уреаза /мг FN_4 за 24 часа/	Нитрификационная способность /мг N_2O_3 на 100г почвы /
1.	14,0	9,8	0,52	0,37	5,8
2.	13,8	8,7	0,51	0,35	5,1
3.	10,6	94,2	0,56	0,34	4,3
4.	13,4	64,6	0,54	0,34	5,6
5.	11,7	114,8	0,50	0,34	5,4
НСР _{0,95}	6,0	-	0,05	0,04	2,6

Характер изменения активности почвенных ферментов несколько иной. На 8-й год применения гербицидов в севообороте активность протеазы сохраняется на уровне контроля, в некоторых вариантах выше. Определение активности уреазы и нитрификационной способности почвы позволило установить, что при многолетнем применении гербицидов отмечается тенденция к снижению активности процессов разложения амидов и накопления нитратов в почве. Максимальное снижение активности уреазы составило 8%, нитрификационной способности - 26%. Математическая обработка данных свидетельствует о недостоверности этих отклонений.

Основными продуцентами почвенных ферментов являются микроорганизмы и корневая система высших растений. Изменение их активности при использовании гербицидов может определяться влиянием изучаемых препаратов как на жизнедеятельность микроорганизмов и растений, так и непосредственно на ферменты.

Для выявления влияния гербицидов на ферменты был поставлен лабораторный опыт, в котором гербициды - 2,4Д, 2М-4Х, 2М-4ХМ - вносились непосредственно в реакционную смесь. Результаты исследований показали /табл.2/, что в присутствии гербицидов не наблюдается снижения активности уреазы и протеазы. Можно предположить, что

Таблица 2.

Влияние гербицидов на активность протеазы и уреазы.

Варианты	Протеаза	Уреазы
Контроль	0,48	0,34
2,4-Д	0,50	0,34
2М-4Х	0,50	0,34
2М-4ХМ	0,50	0,33

активация протеазы в некоторых вариантах полевого опыта происходит за счет увеличения численности аммонифицирующих микроорганизмов.

Полученные данные показывают, что 8-летнее применение гербицидов в севообороте оказало слабое влияние на численность аммонифицирующих и нитрифицирующих микроорганизмов и активность биохимических процессов превращения органических соединений азота в почве.

ЛИТЕРАТУРА.

1. В.Ф.Купревич, Т.А.Щербакова. Почвенная энзимология. Минск, 1966.

2. В.И.Смирнова, Н.Н.Третьяков. Влияние гербицидов на микрофлору ризосферы кукурузы и биологическую активность почвы. Химия в сельском хозяйстве, №1, 1965.

3. В.Е.Лобанов, Л.П.Поддубная. Действие гербицидов на микрофлору и пищевой режим почвы в посевах сахарной свеклы. Химия в сельском хозяйстве, №10, 1967.

4. М.О.Винкалне. Влияние гербицидов на состав микрофлоры дерново-подзолистых почв. Сб. научных работ Латвийского НИИ земледелия. Изд. "Звайгзне", Рига, 1966.

5. Ю.В.Круглов, Л.Н.Пароменская. Влияние некоторых аминотриазинов на развитие микрофлоры в дерново-подзолистой почве. В сб. "Роль микроорганизмов в питании растений и повышении эффективности удобрений". Л. 1965.

6. K. Domsch *Einflüsse von Pflanzenschutzmitteln auf die Bodenmikroflora*. Berlin, 1963.

О ВЛИЯНИИ СЛАНЦЕВЫХ ПРЕПАРАТОВ НА РАЗВИТИЕ АММОНИФИЦИРУЮЩИХ, НИТРИФИЦИРУЮЩИХ И ДЕНИТРИФИЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ В ПОЧВЕ

В. Троль, П. Рахно

Институт экспериментальной биологии АН ЭССР

В последние годы проводились многочисленные опыты по применению препаратов сланцевых смол для того, чтобы приостановить эрозионные процессы почв и повысить урожаи полевых культур. Положительные результаты дали опыты с химическим мелиоративным препаратом "Нэрозин", полученным из эстонской сланцевой смолы. Специалисты сельского хозяйства проводили много экспериментов с этим препаратом в различных географических зонах Советского Союза. Выяснилось, что применение нэрозина дает отличные результаты как в борьбе против эрозии почв и при прикреплении наносных песков, так и для повышения урожаев сельскохозяйственных культур.

В связи с внедрением в сельское хозяйство нэрозина возник вопрос, какое влияние оказывает этот препарат на развитие и жизнедеятельность почвенных микроорганизмов. Для выявления такого влияния были проведены опыты в Институте экспериментальной биологии АН ЭССР.

Чтобы получить в течение длительного времени возможно более сравнимые данные, опыты были заложены в биометрах, т. е. в бетонных бездонных ящиках площадью в $5,4 \text{ м}^2$ и толщиной почвенного слоя в 0,5 – 0,6 м, заполненных просеянной и тщательно перемешанной почвой. Опыты заложили тремя наиболее распространенными в Эстонской ССР почвенными разностями: дерново-карбонатной, дерново-среднеподзолистой и дерново-сильноподзолистой почвами. Опытные варианты были опрысканы нэрозином в расчете 1, 2 и 3 т на 1 га, т. е. дозами, обычно применяемыми в полевых условиях.

Почвенные пробы для микробиологических анализов брали с глубины 5 – 10 см в трех повторностях в течение всего года, в среднем дважды в месяц.

При определении численности микроорганизмов был использован общепринятый в почвенной микробиологии метод разведений.

В почвах контрольного и опытных вариантов исследовали количественную динамику аммонифицирующих, нитрифицирующих, денитрифицирующих и аэробных целлюлозоразлагающих бактерий, азотобактера, актиномицетов, грибов и водорослей. При математической обработке полученных данных применяли дисперсионный анализ. Подробнее будут рассмотрены данные, полученные при обработке почв нэрозином в течение двух лет в расчете I т/га на количественную динамику аммонифицирующих, нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий в дерново-карбонатной почве.

Данные опытов приведены в таблице.

Количество микроорганизмов в дерново-карбонатных почвах после внесения нэрозина I т/га 28/У 1968 г., тыс. на I г абс. сухой почвы

Дата		аммонифицирующ.		нитрифицирующие		денитрифицирующ.	
		опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль
1	2	3	4	5	6	7	
26/У 68	I6 000	I7 000	8,800	7,900	480	560	
I4/УI 68	2I 000	I4 000	I3,000	8,700	760	3 I00	
27/УI 68	I8 000	I8 000	I3,000	0,730	4I 000	3 000	
I0/УII 68	23 000	I3 000	3,300	0,790	7 900	32 000	
25/УII 68	II 000	I4 000	0,3I0	0,3I0	750	300	
8/УIII 68	22 000	I6 000	3,000	0,670	300	I 500	
29/УIII 68	26 000	I4 000	3, I00	3,200	760	770	
26/IX 68	25 000	28 000	3,300	3,300	3 300	3 300	
I8/X 68	I7 000	20 000	3,300	3,300	5 200	780	
I4/XI 68	2I 000	20 000	I4,000	9,200	2 300	I 400	
I9/XII 68	42 000	22 000	20,000	I8,000	46 000	4I0	
23/I 69	22 000	22 000	6,900	I9,000	38 000	3 300	
20/II 69	29 000	25 000	5,400	6,600	34 000	35 000	
20/III 69	I8 000	I7 000	4,000	4,000	96 000	I00 000	
I0/IV 69	44 000	4I 000	3,400	3,400	64 000	93 000	
5/У 69	I9 000	I9 000	33,000	33,000	I00	I60	
I3/УI 69	7 I00	6 400	8,500	8,800	3 000	3 000	
I4/УIII 69	I3 000	9 800	82,000	82,000	2 800	2 900	

1	2	3	4	5	6	7
25/IX 69	7 000	4 100	31,000	31,000	31 000	31 000
20/XI 69	20 000	20 000	32,000	32,000	3 300	3 200
19/XII 69	6 500	10 000	42,000	42,000	20 000	20 000
21/I 70	28 000	28 000	36,000	36,000	93 000	93 000
19/II 70	24 000	17 000	6,000	7,000	10 000	4 000
19/III 70	19 000	16 000	57,000	60,000	85 000	75 000
23/IV 70	12 000	12 000	60,000	60,000	32 000	32 000
8/V 70	23 000	23 000	32,000	32,000	3 200	3 200
Всего:	533 600	466 300	524,310	512,900	624 150	546 480
Средние	20 523	17 935	20,160	19,730	24 006	21 018
%	114,43	100,00	102,22	100,00	114,21	100,00

По данным опытов /таблица/ можно заключить, что в почве, обработанной нэрозином, при выдерживании в течение почти двух лет /715 дней/ в количественной динамике исследуемых бактерий значительных различий по сравнению с контрольным вариантом не отмечалось. Наблюдались только небольшие, кратковременные увеличения и снижения, которые быстро исчезали. В общем можно отметить тенденцию к умеренному увеличению.

Через 20 дней после обработки почвы нэрозином наблюдалось некоторое /4-кратное/ снижение численности денитрифицирующих бактерий. В то же время количество аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий увеличивалось до 1,5-кратного по сравнению с контролем. Через 35 дней после обработки нэрозином численность денитрифицирующих бактерий увеличивалась до 13-кратной по сравнению с контролем, но уже через 46 дней после обработки снова снизилась.

Отмечены регулярные повышения и снижения численности нитрифицирующих и аммонифицирующих бактерий в обработанной почве. Так, через 46 дней после обработки количество нитрификаторов было в 4 раза больше, чем в контроле, через 61 день сравнялось с контролем, а через 75 дней снова оказалось в 4 раза больше контроля. В дальнейшем различия между обработанным вариантом и контролем встречались редко. Количество аммонификаторов в те же сроки было: через 46 дней в

1,8 раза больше и через 61 день в 1,3 раза меньше контроля, через 75 дней снова – в 1,4 раза и через 96 дней – в 1,8 раза больше, затем снова последовало снижение.

Подобные относительно незначительные различия между количеством бактерий в обработанной нэрозином и контрольной почвах наблюдались в среднем 7 месяцев. Достоверно выше, чем в контрольной почве подвиглась численность бактерий в обработанной почве при наступлении холодов 19/ХП, для денитрифицирующих – более чем в 100 раз, для аммонифицирующих – примерно в 2 раза. В количестве нитрифицирующих бактерий наблюдалось только незначительное увеличение по сравнению с контролем. В январе-феврале, т.е. через 8-9 месяцев после внесения нэрозина в почву различия между контролем и опытным вариантом понемногу сглаживаются у нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий, но преобладание численности аммонифицирующих бактерий в обработанной нэрозином почве продолжается в среднем до 20 месяцев после внесения препарата.

Данные наших опытов позволяют сделать вывод, что введенный в почву нэрозин в расчете 1 т/га вызывает изменения в количественной динамике аммонифицирующих, нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий в среднем в течение 9-20 месяцев, но не оказывает продолжительного подавляющего воздействия на эти группы бактерий. Средняя численность бактерий за все время анализов /715 дней/ оказалась несколько больше в обработанной нэрозином почве: для аммонифицирующих и денитрифицирующих бактерий на 14 %, для нитрифицирующих бактерий только на 2 %.

НИТРИФИКАЦИЯ В ЗАСОЛЕННЫХ СВЕТЛЫХ СЕРОЗЕМАХ ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

Я.Ф. Низаметдинова, И.А. Музафарова

Ташкентский государственный университет

Засоление почв является существенным экологическим фактором. В связи с этим микрофлоре почв с избыточным количеством солей посвящено достаточно много работ. Изучались в этом направлении и некоторые почвы Голодной степи (4, 5). Однако, главное внимание было уделено целинным засоленным почвам.

В настоящей работе исследовались микрофлора и нитрификационная способность засоленных светлых сероземов старообразимой зоны Голодной степи.

Методика и материалы. Образцы почв отбирали на территории Центральной опытно-мелиоративной станции СовхозНИИ (ЦОМС) с участков, имеющих слабую, среднюю и сильную степень вторичного засоления. На слабо и среднезасоленной почве возделывается хлопчатник, на сильнозасоленной посевы не всходят. Средние пробы почв отбирали с глубин 0-10, 10-20, 20-30 и 30-40 см в начале мая, июля и октября 1970 г. В них на следующий день после взятия учитывали основные физиологические группы микроорганизмов, участвующие в круговороте азота. Микробиологический анализ сопровождали определением состава водорастворимых солей*, влажности почв и различных форм азота (3). Активность почв к нитрификации собственных и дополнительно внесенных ресурсов (из расчета 100 мг N/kg почвы) изучали в лабораторном опыте, в котором почвы летнего сбора инкубировали при оптимальной влажности и температуре.

Результаты. Содержание водорастворимых солей в исследуемых почвах, как следовало ожидать, оказалось неодинаковым (табл. I)

Плотный остаток слабозасоленного серозема, например, в слое 0-10 см почти в пять раз уступал сильнозасоленной почве. Существенны были различия также в содержании Ca^{2+} и SO_4^{2-} .

Наряду с отличиями почвы имели и сходство. Их засоление относится к хлоридно-сульфатному типу. При всех уровнях

* анализы проведены сотрудником ЦОМС А.В. Горобчук

Таблица I.

Содержание солей и влажность исследованных почв (% к весу почвы, илль)

Почва	Глубина, : см :	Плотный : остаток :	Cl' :	SO_4'' :	Влажность
Слабозасо- ленная	0-10	0,300	0,011	0,106	17,2
	10-20	0,214	0,008	0,138	20,2
	20-30	0,212	0,010	0,149	22,5
	30-40	0,260	0,011	0,161	24,6
Среднезасо- ленная	0-10	1,142	0,039	0,725	11,7
	10-20	0,550	0,020	0,321	17,3
	20-30	0,974	0,025	0,540	19,2
	30-40	1,202	0,031	0,735	21,6
Сильнозасо- ленная	0-10	1,474	0,104	0,815	12,6
	10-20	-	0,098	0,875	19,7
	20-30	1,550	0,134	0,830	19,9
	30-40	1,396	0,104	0,860	22,8

этого фактора во все сроки исследования общая сумма солей была большей, как правило, в верхнем 10 см слое. Хлориды распределялись сравнительно равномерно, а количество сульфатов с глубиной увеличивалось. Для территории ЦОМС характерно близкое стояние грунтовых вод, что обуславливает достаточно постоянное и высокое увлажнение профиля почв (2, 5). Наши данные по влажности исследованных почв подтверждают это положение.

Учет основных физиологических групп микроорганизмов, трансформирующих азот, показал, что наиболее населенным является слабозасоленный серозем (табл. 2). Здесь численность аммонифицирующих бактерий на МПА и бацилл достигала сотен тысяч клеток на г почвы. При переходе к среднему и особенно сильному засолению количество микрофлоры снижалось, как правило, в 5-6 раз. Еще большее угнетение испытывали нитрификаторы.

В слабозасоленной почве они насчитывались сотнями и тысячами клеток, что надо отметить, значительно меньше, чем аммонификаторов. В сильнозасоленной почве нитрификаторы, найденные в незначительном количестве в самом верхнем слое,

глубже практически не выявлялись даже при посеве на гелевые пластинки 0,1 г. почвы. На большую чувствительность этой автотрофной группы микроорганизмов к засолению указывают многие исследователи.

Таблица 2.

Микрофлора исследованных почв (тыс/г почвы, июль)

Почва	Горизонт, см	Аммонификаторы		Нитрифика- торы	Денитрифи- каторы
		на МПА	бациллы на МПА+СА		
Слабоза- солен- ная	0-10	140	91	0,45	0,25
	10-20	480	72	0,52	2,5
	20-30	105	67	1,05	0,25
	30-40	13	22	0,07	2,5
Средне- засолен- ная	0-10	31	42	< 0,01	2,5
	10-20	16	37,5	< 0,01	25,0
	20-30	32	39	0,21	2,5
	30-40	20	4,0	0,09	0,2
Сильно- засолен- ная	0-10	9,0	27,5	0,1	2,5
	10-20	36	33,5	< 0,01	2,5
	20-30	25	10	< 0,01	0,25
	30-40	45	30	< 0,01	0,25

Денитрификаторы, судя по показателям их численности, на концентрацию солей в пределах 1,5% плотного остатка заметной отрицательной реакции не проявляют. Аналогичные результаты получены при учете азотобактера. Вне зависимости от уровня засоления наблюдалось 100% обрастание комочков почвы слизью, содержащей типичные клетки азотобактера. Однако, в сильнозасоленной почве он представлен слабоокрашенными формами, наличие которых в почвах отмечали и другие авторы (1).

Результаты изучения сезонной динамики и распределения микрофлоры по профилю светлых сероземов подтвердили закономерности хорошо известные для других почв. В весенний и осенний периоды микрофлора светлых сероземов развивается лучше, чем летом, хотя во влажности почв в указанные периоды резких различий не было. Во все сезоны микрофлора сосре-

дотачивалась в пахотном горизонте, резко снижаясь в слое 30-40 см.

Показателями микробной активности могут служить данные по содержанию общего и минеральных форм азота. Количество общего азота в исследованных образцах составляло в среднем 0,1, 0,07 и 0,03% соответственно уровню засоления. Аналогичная картина в зависимости от концентрации солей наблюдалась при учете $N-NH_3$. В отношении нитратов такая зависимость, на первый взгляд, не прослеживалась (табл. 3).

Таблица 3.

Сезонная динамика нитратов и нитрифицирующая способность почв ($N-NO_3$, мг/кг почвы).

Глубина см	Май	Июль	Октябрь	Нитратонакопление за 15 дн.		
				Контроль	$(NH_4)_2SO_4$	Листья люцерны
Слабозасоленная почва						
0-10	11,2	3,5	9,0	34,8	140,2	112,5
10-20	12,9	1,8	4,9	7,5	50,6	28,3
20-30	2,8	1,8	4,9	2,8	42,2	28,1
30-40	2,2	следы	4,9	2,8	16,9	2,8
Среднезасоленная почва						
0-10	22,5	18,7	2,5	28,1	84,4	72,2
10-20	11,3	4,5	2,5	11,2	50,6	25,3
20-30	-	4,5	3,4	2,8	11,2	18,9
30-40	-	1,8	2,2	2,8	2,8	2,8
Сильнозасоленная почва						
0-10	5,6	4,5	9,0	18,6	22,5	18,6
10-20	3,5	следы	2,6	1,8	2,8	1,5
20-30	следы	следы	2,2	1,8	1,8	1,8
30-40	следы	следы	2,2	1,8	1,8	1,8

Сопоставление данных по образцам весенне-летнего сбора показывает, что в слабозасоленной почве нитратов обнаружено меньше, чем в среднезасоленной почве. Однако, это происходит, надо полагать, в силу более интенсивного биологического закрепления нитратов в слабозасоленной почве, а не угнетенного состояния в ней нитрификаторов. Такое объясне-

ние можно обосновать как вышеприведенными данными учета нитрификаторов, так и результатами изучения активности почв к нитрификации (табл.3). Нитратонакопление наблюдалось уже при простом увлажнении почв водой (контроль). При этом в одинаковых условиях аэрации, влажности и t° наиболее интенсивно процесс шел в верхнем 10 см слое слабозасоленной почвы. Азот дополнительно внесенных материалов полностью окислялся также в 0-10 см слое слабозасоленной почвы. Вниз по профилю эта способность снижалась, но проявлялась она на всей исследованной глубине. Обращает внимание, что внесение энергетических источников заметно активизировало средnezасоленную почву. Однако, сумма нитратов была здесь все же меньшей, чем в слабозасоленной почве.

Сильнозасоленная почва практически не проявила потенциальную способность к нитрификации.

Таким образом, в светлых сероземах староорошаемой зоны Голодной степи, несмотря на то, что засоление является постоянно действующим фактором, аммонификаторы и нитрификаторы сохраняют чувствительность к повышению концентрации солей. В почвах с плотным остатком свыше 1% численность и активность этих важных групп микроорганизмов снижается.

Внесение в окультуренную средnezасоленную почву энергетических материалов уменьшает вредное действие солей на нитрификацию.

Литература: 1.Блинков Г.Н., 1962, Микробиология № 5.

2.Лифшиц Э.А., Токмурзаев Т., 1970, Сб.Труды СовзНИХИ, 18.

3.Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в полевых хлопковых районах, 1963, Ташкент.

4.Самсонов П.Ф., Самсонова М.Ф., Чернова Т.А. 1930, Почвоведение, № 1-2.

5.Сучков С.П., Зимина Н.И., Лазарев С.Ф., Круглова Е.К., 1961. Почвы Голодной степи и их агрономическая характеристика, Ташкент.

ДИНАМИКА ДЕНИТРИФИЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ В РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

К.К.Янкиявичюс, А.И.Баранаскене, Р.И.Развидите
Институт Ботаники АН Литовской ССР

Учитывая большое практическое значение процессов восстановления нитритов и нитратов до инертного молекулярного азота как для продуктивности водоёмов, так и для определения изменения процессов самоочищения, мы приступили к систематическим исследованиям динамики численности денитрифицирующих бактерий воды и грунтов водоёмов, которым свойственны неодинаковые природные условия.

Проведены исследования количественного изменения денитрифицирующих бактерий в автотрофном водоёме Куршо-Марёс, в удобряемых /минеральными и органическими удобрениями/ прудах и в лабораторных условиях под воздействием некоторых токсичных веществ: супермутагенов, ингибиторов и некоторых продуктов нефти.

Денитрификаторы принадлежат к гетеротрофным сапрофитным бактериям, которые нуждаются в питании органическими веществами. Раньше предполагалось, что денитрификация возможна только при анаэробнозе. Работами Русаковой и Буткевича, Корсаковой было показано, что восстановление нитратов до свободного азота не подавляется и при полном доступе воздуха, только интенсивность этого процесса в аэробных условиях снижается.

На основании наших данных можно предполагать о наличии теснейшей зависимости между количеством кислорода в воде и численностью денитрифицирующих бактерий.

Обнаружено, что в воде наиболее крупного внутреннего водоема республики - залива Куршо - Марёс количество денитрифицирующих бактерий колеблется от 1 до 2 000 экз/мл и от 100 до 10 тыс. экз/г грунта. Значительное увеличение денитрификаторов в воде и грунтах происходило осенью. Эти данные хорошо согласуются с количественным изменением растворенного кислорода в течение года в заливе Куршо-Марёс. По данным

Р.Юрвичюса, осенью /в октябре/ весь слой воды залива не полностью насыщен кислородом /80-98,5%/. В летнее время поверхностные слои воды перенасыщены кислородом, в придонном наблюдается неполное насыщение. Вместе с тем, осенью в заливе количество нитратов, необходимых для процессов денитрификации, сравнивая с летним периодом, значительно увеличивается. Оказывается, что для этих бактерий, как и для факультативных анаэробов, лучшие условия для размножения в воде водоема - осенний период.

В поверхностном слое грунта этих бактерий обнаружено гораздо больше чем в воде. В 1 г грунта их количество колебалось от 100 до 10 тыс. клеток. Чуть поменьше бактерий обнаружено в глубинных слоях грунта: на глубине 15-20 см их найдено 0 - 1 000 экз/г. По литературным данным, в почве максимальное количество денитрифицирующих бактерий бывает на глубине 10-15 см. На глубине 15-20 см и глубже их количество уменьшается. Оказывается, что в грунте водоемов стратификация численности денитрифицирующих бактерий аналогична их вертикальному распределению в почве. Самое большое их количество в поверхностном слое грунта.

Динамика численности денитрифицирующих бактерий в воде и грунтах рыбоводных прудов изучалась в течении 3 лет на рыбоводном заводе "Воке", который расположен недалеко от г. Вильнюс. Исследования ежегодно проводились в 5 выровненных прудах.

Пруды удобрялись минеральными удобрениями: азотными /нитратным азотом сульфатаммония/, фосфорными /суперфосфатом/, калийными /хлористым калием/, применялись минеральные и органические удобрения. Схема удобрений: N; P; NP; NPK; NPK + навоз в воду. Удобрения применялись с таким расчетом, чтобы концентрация азота не превышала 3 мг/л, а фосфора - 0,75 мг/л. Удобрения в пруды вносились многократно в виде раствора.

Трёхлетние опыты по исследованию динамики численности денитрификаторов показали наличие значительных их количеств в воде / по средним данным, от 270 до 154 тыс. экз/мл и в

грунте / от 13 до 8 730 тыс. экз/г/. Численность денитрификаторов в грунтах от 19 до 5 615 раз выше чем в воде. Выявленное несомненное стимулирующее влияние азотных минеральных удобрений на развитие денитрификаторов: при средней за сезон сумме ионов NO_3 и NH_4 - 0,43 мг/л в пруду удобряемом NPK + трава денитрификаторов в воде по средним данным констатировано до 157 тыс. экз/мл, при сумме ионов 0,42 мг/л в пруду удобряемом NPK + навоз в грунт денитрификаторов в воде в среднем найдено 43 тыс. экз/мл.

По-видимому, для интенсивного развития денитрификаторов не являются необходимыми высокие концентрации нитратов. Это явление объясняется наличием ряда других благоприятных для развития этих бактерий условий /невысокая концентрация кислорода в воде, оптимальный температурный режим, активная реакция воды, органические вещества/. Кроме того, надо учесть, что в процессе нитрификации аммонийный азот превращается в необходимый для денитрификаторов нитратный азот. Поэтому при сопоставлении численности денитрификаторов с количеством азота имеющегося в прудах, мы суммировали ионы нитратного и аммонийного азота.

В наших опытах выявлено некоторое стимулирующее действие фосфора в виде суперфосфата на развитие денитрификаторов. Как известно, роль фосфора в жизнедеятельности микроорганизмов очень велика. Фосфор входит в состав ряда жизненно важных соединений цитоплазмы, определяющих ее субмикроскопическую структуру. К такого рода соединениям можно отнести нуклеопротейды, фосфолипиды и простетические группы большинства двухкомпонентных ферментов. Следовательно, в прудах обильно удобряемых минеральными фосфорными удобрениями, при наличии нитратных форм азота складываются благоприятные условия для развития денитрификаторов.

Пруды удобряемые азотными минеральными удобрениями /азотнокислым аммонием, внесенным отдельно/ по численности денитрифицирующих бактерий в воде и грунтах превосходили,

в некоторых случаях значительно пруды, удобряемые только фосфорными минеральными удобрениями /суперфосфатом/.

Сильное увеличение денитрификаторов в воде и грунтах прудов происходит при одновременном внесении минеральных /МРК/ и органических удобрений.

В динамике численности денитрификаторов воды и грунтов усматривается, особенно на отдельных этапах, определенный параллелизм.

Перенасыщение воды прудов кислородом, что в большинстве случаев связано с жизнедеятельностью сильно развитого фитопланктона, имело отрицательное влияние на развитие денитрификаторов.

Исследования по влиянию различных химических соединений на планктонный биоценоз залива Курш-Марёс в экспериментальных условиях позволили определить влияние этих соединений на количественное развитие денитрификаторов.

При действии бензина А-72 /10мл/л/ количество денитрифицирующих бактерий в течение всего опыта /20 суток/ было довольно высокое /5 000-10 000 экз/мл/ и превышало контроль. Дизельное топливо /варианты применения: 10мл/л; 1 мл/л; 0,1 мл/л/ создавало более благоприятные условия для развития денитрифицирующих бактерий чем автол АС-8 /варианты применения: 10мл/л; 1мл/л; 0,1 мл/л/. В контрольном варианте денитрифицирующих бактерий в преобладающем большинстве случаев было меньше чем в вариантах с нефтепродуктами. Интересно отметить, что количество нитритов в контроле было ниже, чем в вариантах с нефтепродуктами. Обеспеченность сред азотом и фосфором во всех вариантах в течении опыта было достаточным. Только на 19-ые сутки в вариантах с дизельным топливом /0,1мл/л/, автолом АС-8 /10 мл/л и 0,1 мл/л/ и в контрольном варианте не было обнаружено нитритов. Окисляемость воды, характеризующая среду в отношении их богатства органическими веществами, наиболее высокой почти во всех вариантах была в конце опыта.

Соединения типа ингибиторов /под условным названием

№ 2 в концентрации 0,1; 0,05; 0,025; 0,01; 0,005; 0,001 мл/л и № 3 в концентрации 0,025 и 0,005 мл/л / на 2-не и 5-не сутки в отношении их действия на развитие денитрифицирующих бактерий не отличались от контрольного варианта. Только на 8-не сутки под воздействием более высоких концентраций ингибитора 2 отмечалась пониженная численность денитрификаторов в сопоставлении с контрольными данными. На 15-не сутки наблюдается заметное количественное повышение денитрифицирующих бактерий под действием ингибитора 2 / 50 000–100 000 экз/мл / и подавление в вариантах с ингибитором 3 - 1000 экз/мл - 5000 экз/мл, а в контроле - 5000 экз/мл /. Максимальное количество денитрифицирующих бактерий в контроле обнаружено на 8-не сутки / 50 000 экз/мл /.

Окислация воды во всех вариантах опыта с ингибирующими соединениями была сравнительно высокой.

Супермутагены / дериваты мочевины в концентрациях 100 мг/л; 10 мг/л; 1 мг/л; 0,1 мг/л / заметного влияния на развитие денитрификаторов не оказали. Только на 5-не сутки обнаружено снижение численности денитрифицирующих бактерий / в отдельных вариантах до 1 000 экз/мл, в контроле - 10 000 экз/мл. В дальнейшем - на 15-не сутки денитрифицирующих бактерий во всех вариантах опыта превышает контроль от 2 до 20 раз.

Окисляемость воды в опыте с супермутагенами была значительно ниже чем в опытах с нефтепродуктами и ингибиторами.

Представленные данные о количественной динамике денитрифицирующих бактерий в условиях имитирующих загрязнение среды даёт возможность установить степень влияния небольших концентраций примененных соединений на динамику численности денитрификаторов.

ОСОБЕННОСТИ АЗОТНОГО РЕЖИМА МЕЛКОЗАЛЕЖНОЙ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЫ В ПЕРВЫЕ ГОДЫ ЕЕ ОСВОЕНИЯ

Т.А. Щербакова, Г.Я. Коробова, С.Н. Бородько

Лаборатория почвенной энзимологии Института
экспериментальной ботаники АН БССР

Мелкозалежные торфяные почвы составляют 46,6% от общей площади торфяно-болотных почв Белоруссии. Расположены они главным образом в Полесье. До настоящего времени вопросы освоения этих почв еще мало изучены. При осушении и введении их в культуру особое внимание должно быть обращено на изыскание приемов мелиорации и сельскохозяйственного использования, позволяющих сохранить на более длительный срок органическое вещество и запасы азота в торфе /1/. Правильные приемы использования торфяных почв могут быть найдены при глубоком познании происходящих в них процессов /2/.

Проведенные нами исследования /1969-1971 гг./ ставили целью проследить за интенсивностью минерализации азотсодержащих органических веществ и уровнем обеспеченности мелкозалежной торфяной почвы усвояемыми азотистыми веществами /аммиачным и нитратным азотом/ в первые годы ее освоения.

В распаде и превращении азотистых веществ в почве важную роль играют ферменты. На необходимость изучения почвенных ферментов как важнейших регуляторов биохимических процессов в почве впервые указал В.Ф. Купревич /3/. Процессы ферментативного распада сложных белковых и гумусовых веществ приводят к появлению в почве усвояемых для растений аммиачных и нитратных солей. В наших исследованиях изучение азотного режима сопровождалось определением протеолитической и уреазной активности.

Объектом исследования была мелкозалежная /60-80 см/

торфяная почва низинного типа /Полесье/. Реакция почвы среднекислая /рН 4,5/, зольность 9,1%, содержание азота 3,66% /16470 кг/га/, отношение С: N 13,2. Исследуемый торфяник осушен в 1967 г., в 1968 г. произведена первичная обработка и внесены фосфорные и калийные удобрения в дозе $P_{60}K_{150}$, которые затем в такой же дозе вносились ежегодно. Нами изучалось влияние способа обработки /фрезерование и вспашка/ и возделываемых культур /многолетние травы и картофель/ на ферментативную активность и содержание подвижных форм азота. Метеорологические условия в годы исследования складывались следующим образом: вегетационный период 1969 г. был засушливым /-108 мм осадков за период май - сентябрь/ и холодным; 1970 г. - влажным /+61 мм осадков/ и по температурным условиям близким к норме; 1971 г. - был избыточно увлажненным /+171 мм осадков/ и жарким, особенно в мае и августе.

Данные, приведенные в таблицах 1 и 2, дают возможность судить о содержании усвояемых азотистых веществ во второй и третий год освоения торфяной почвы.

Таблица 1

Содержание $^{+}NH_4$ в мг/кг абсолютно сухой почвы

Культура:	: Год ис-: : ваия	Вспашка			: Фрезерование		
		: июль	: июль	: сентябрь	: июль	: июль	: сентябрь
Многолет- ние травы	1970	240	129	159	180	273	151
	1971	412	499	483	323	456	700
Картофель	1970	409	200	115	168	98	100
	1971	-	726	559	207	410	272

Из приведенных данных видно, что во вновь освоенной торфяной почве процесс аммонификации был выражен значительно сильнее, чем нитрификации. Основной формой подвижного азота был аммиачный азот, в отличие от старопахотных почв, в которых обычно преобладает нитратный /4/. Уровень азотного питания в третий год освоения торфяника был зна-

чительно выше, чем во второй. Этому благоприятствовали условия влажности и температуры. Нитрификация достигала значительной интенсивности под пропашной культурой — картофелем. Отсутствие увеличения нитратов к третьему году освоения под многолетними травами обусловлено ослаблением нитрификации в связи с уплотнением почвы и снижением аэрации.

Таблица 2

Содержание NO_3 в мг/кг абсолютно сухой почвы

Культура:	Год ис-:	Вспашка		Фрезерование			
	следо-:	июнь	июль	сентябрь	июнь	июль	сентябрь
	ванил						
Многолет- ние травы	1970	110	152	99	83	87	90
	1971	129	95	94	152	89	75
Картофель	1970	313	402	200	323	574	189
	1971	672	299	242	654	206	292

С годами освоения торфяника повышалась протеолитическая и уреазная активность, особенно наглядно это проявилось на третий год. Между уреазной активностью и содержанием в почве подвижных форм азота наблюдалась прямая корреляционная зависимость. Наиболее четко эта зависимость наблюдалась при фрезеровании под многолетними травами, при этом коэффициент корреляции составлял +0,98.

Общее содержание подвижного азота в пересчете на элементарный к третьему году освоения достигало 253–284 кг/га, что составляло 1,5–1,7% от общего содержания азота в почве. Более высокое накопление азота было под многолетними травами при фрезеровании и под картофелем при вспашке.

Проведенные исследования показали, что вновь осваиваемая мелкозалежная торфяная почва при установившемся в вегетационный период уровне грунтовых вод на глубине 70–120 см характеризуется интенсивно идущими процессами минерализации органических азотистых веществ и высоким уровнем азотного питания. Без добавочного внесения азотных

удобрений к третьему году освоения наблюдалось увеличение урожаев картофеля до 312-386 ц/га и сена многолетних трав до 86-104 ц/га. В первый год освоения урожай картофеля составлял 212-260 ц/га и сена многолетних трав 46-55 ц/га. Процессы аммонификации и нитрификации идут интенсивнее под картофелем, чем под многолетними травами, что свидетельствует о более усиленной минерализации органических веществ торфа под картофелем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зубец В.М. Изученность территории Полесья и перспективы научных исследований. Сб. проблемы мелиорации Полесья. Тезисы докладов научно-технической конференции по мелиорации земель Полесья. Минск, ч. I, 1970.
2. Лупиневич И.С., Годуб Т.Ф. Торфяно-болотные почвы БССР и их плодородие. Минск, изд. АН БССР, 1958.
3. Купревич В.Ф., Щербакова Т.А. Почвенная энзимология. Минск, 1966.
4. Мееровский А.С. Азотный режим окультуренных торфяно-болотных почв. Автореферат. Минск, 1966.

ПРОЦЕССЫ АММОНИФИКАЦИИ И НИТРИФИКАЦИИ НА ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНИКАХ

В.Г.Дудчедко, А.К.Бескровный

Украинский научно-исследовательский институт
земледелия

В рациональном использовании плодородия осушенных торфяников важная роль принадлежит севооборотам. Правильный подбор и сочетание в севообороте сельскохозяйственных культур, особенно многолетних трав и пропашных, позволяет регулировать процессы минерализации торфа, его микробиологическую и биохимическую активность.

Исследования последних лет показали, что нитрификационный тест является одним из лучших показателей мобилизации почвенного азота /1, 2, 3/. Однако данных о влиянии высшего растения на потенциальную способность торфяной почвы к нитрификации в литературе сравнительно мало.

Задачей наших исследований было изучение изменения численности микроорганизмов, принимающих участие в трансформации азотного органического вещества почвы, содержания нитратов, а также потенциальной способности почвы к аммонификации и нитрификации под влиянием луговой и полевой культуры севооборота.

Исследования проводились на глубоком осушенном низинном торфянике Трубешской поймы /Полесье УССР/. Минерализованный слой торфа составляет 20-25 см.

Варианты опыта, в которых проводились исследования, указаны в таблицах.

Удобрения вносились на всех вариантах опыта ежегодно из расчета K_2O - 120 кг/га, P_2O_5 - 45 кг/га. Кроме того, два раза за ротацию был внесен пиритный огарок.

В результате проведенных исследований установлено, что торфяно-болотные почвы содержат большое количество аммонифицирующих микроорганизмов, численность которых варьи-

рует в зависимости от сельскохозяйственной культуры. Так, количество их под пропашными культурами в 2-3 раза выше, чем под многолетними травами. Установить четкую закономерность изменения числа аммонификаторов в зависимости от возраста многолетних трав нам не удалось.

Численность аммонификаторов в течение вегетационного периода изменяется. В период всходов содержание их в почве выражалось десятками миллионов, к середине вегетации число их возрастает до сотен миллионов, а к началу уборки снова падает. Такой характер распределения микроорганизмов можно объяснить изменением влажности почвы, разным уровнем грунтовых вод, изменением состава корневых выделений в процессе вегетации растений.

Возбудители нитрификации, завершающие процесс минерализации органических форм азота, обнаружены нами под многолетними травами и картофелем, причем большее число их выявлено под картофелем, что связано с лучшим воздухообменом под пропашными культурами. Наименьшее количество нитрифицирующих бактерий отмечено под травами 4 года пользования, где условия аэрации наименее благоприятны в связи с сильным уплотнением почвы.

Снижение биологической активности почвы, в частности, ослабление процессов минерализации органического вещества с увеличением сроков использования многолетних трав в севообороте ведет к снижению их урожайности. Так, если урожай сена многолетних трав первого года использования в среднем за три года составлял 129 ц/га, то на четвертый год он был равен 90 ц/га или на 39 центнеров с гектара меньше.

Наряду с учетом аммонификаторов нами определялось содержание аммиачного азота и потенциальная аммонифицирующая способность почвы.

В почве под изучаемыми культурами обнаружены только следы аммиачного азота. Добавление же пептона и создание благоприятных гидротермических условий резко повышает потенциальную аммонифицирующую способность почвы. Аммонифициру-

ная способность почвы под картофелем составляла 152-191 мг NH_4 на 100 г абсолютно-сухой почвы, под многолетними травами 128-187 мг.

Следующим этапом исследований было изучение накопления нитратов в почве. Установлено, что под картофелем и многолетними травами содержание нитратов было неодинаковое. Под пропашной культурой нитратов накапливалось значительно больше, чем под травами. Перед уборкой /сентябрь/ количество нитратов резко уменьшилось под обоими культурами, а под травами обнаруживались только их следы /табл./.

Параллельно с учетом нитрифицирующих бактерий и нитратов определялась нитрифицирующая способность почвы. В результате было установлено, что потенциальная способность почвы к накоплению нитратов под всеми изучаемыми культурами очень высокая. Это объясняется большим содержанием органики в торфяной почве, которая как известно, интенсифицирует процесс нитратонакопления /4/.

Наибольшей энергией нитратонакопления обладала почва под пропашными культурами, где энергия накопления составляла от 209 до 569 мг NO_3 на 100 г почвы за 15 дней, а под многолетними травами от 164 до 395 мг NO_3 /табл./.

Как видно из приведенного материала, увеличение количества аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий под пропашными культурами на торфяных почвах сопровождается усилением процессов аммонификации и нитрификации. Следовательно, под пропашными культурами биологическая активность почвы значительно выше, чем под пластом многолетних трав.

Таким образом, торфяно-болотные почвы содержат большое количество аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий. Аммиачный азот в почве находится в незначительных количествах. Создание хороших гидротермических условий способствует повышению аммонифицирующей способности почвы.

Торфяные почвы обладают высокой нитрификационной способностью, вследствие чего в них под всеми культурами севооборота накапливается большое количество азота в форме нитратов.

Возделывание пропашных и луговых культур в севообороте регулирует минерализацию и накопление органических веществ и жизнедеятельность микроорганизмов в торфяных почвах. В ризосфере пропашных культур процесс минерализации органических форм азота протекает более интенсивно, чем под пластом многолетних трав, которые, наоборот, несколько замедляют этот процесс.

Таблица

Влияние сельскохозяйственных культур на содержание нитратов и нитрифицирующую способность почвы

/ $N - NO_3^-$ в мг на 100 г абсолютно сухой почвы/

Варианты	И ю л ь			Сентябрь		
	до ин- куба- ции	после- инку- бации	энер- гия нитра- тона- копа.	до ин- куба- ции	после- инку- бации	энер- гия нитра- тона- копа.
Многолетние травы 2 года пользования	71	467	395	следы	265	265
Многолетние травы 3 года пользования	77	435	358	следы	280	280
Многолетние травы 4 года пользования	97	387	290	следы	164	164
Картофель по пласту трав 2 года поль- зования	429	998	569	176	519	343
Картофель по пласту трав 3 года поль- зования	448	882	434	211	434	223
Картофель по пласту трав 4 г. пользован.	459	668	209	165	420	255

Высокая энергия нитратонакопления, коррелирующая с численностью аммонификаторов и нитрификаторов под картофелем, свидетельствует о более высокой биологической активности почвы под пропашными культурами. Это подтверждает целесообразность внедрения севооборотов, насыщенных полевными и луговыми культурами, которые оказывают существенное влияние на биохимические процессы в почве.

ВЫВОДЫ

1. Торфяно-болотные почвы, которые используются в системе кормовых севооборотов, содержат значительное количество аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий и отличаются высокой аммонифицирующей и нитрифицирующей способностью.

2. Культуры севооборота оказывают существенное влияние на численность микроорганизмов, принимающих участие в круговороте азота. Под пропашными культурами численность аммонификаторов в 2-3 раза, а нитрификаторов в 15-37 раз выше, чем под многолетними травами 3-4 летнего использования.

3. Под пропашными культурами выявлена более высокая нитрификационная способность почвы и большее содержание нитратов, чем в почве под многолетними травами.

4. Установлена коррелятивная зависимость между аммонифицирующими и нитрифицирующими бактериями и нитрифицирующей способностью торфяно-болотной почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. МИЛУСТИН Е.Н., 1967. Микробиология, т.36, вып.5
2. БЫЛИНКИНА В.Н., 1965. Кн. "Использование микроорганизмов в сельском хозяйстве. Сельхозиздат, 1962.
3. ЧЕЛЯДИНОВ Г.И., 1965. Агробιοлогия, № 5, 1965.
4. ЛИС Г., 1958. Биохимия автотрофных бактерий. Изд. института литературы. "

ИНТЕНСИВНОСТЬ ПРОЦЕССОВ АММОНИФИКАЦИИ, НИТРИФИКАЦИИ И ДЕНИТРИФИКАЦИИ В ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ПОЧВАХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ КУЛЬТУРЕННОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНОМ УВЛАЖНЕНИИ

Л.А.Карягина, Ф.П.Вавуло, Л.М.Стефанькина

Белорусский НИИ почвоведения и агрохимии МСХ БССР

Возделывание сельскохозяйственных растений на торфяно-болотных почвах Белоруссии основано на использовании азота, который освобождается при минерализации органического вещества. Главную роль в процессах разрушения органических соединений играют микроорганизмы. При определенных условиях их минерализующая деятельность может достигать больших размеров. При этом в почве накапливается значительное количество подвижных соединений азота, создаются предпосылки для его потери.

Интенсивность микробиологических процессов в почве в значительной мере определяется условиями влажности(1). Для торфяно-болотных почв имеет значение степень разложения торфа и уровень обеспеченности его элементами питания (2).

Нами была поставлена задача определить влияние различных уровней влажности на течение процессов аммонификации, нитрификации и денитрификации в слабо- и хорошоокультуренных торфяно-болотных почвах.

Хорошоокультуренная торфяно-болотная почва, сформированная из осоково-черноольхового торфа, имела степень разложения торфа 50-65%, слабоокультуренная, сформированная из тростниково-осокового торфа с примесью гипново-осокового-20-35%.

Лабораторный опыт продолжался 2 месяца при комнатной температуре. Постоянно поддерживали следующие уровни влажности-30%, 50, 60, 80, 100% от полной влагоемкости.

Повторность опыта 12-кратная. За время опыта было проведено 3 анализа на содержание нитритного и аммиачного азо-

та и определение титра денитрифицирующих бактерий. Нитраты и аммиак определяли колориметрически соответственно с ди-сульфофеноловой кислотой и реактивом Несслера. Титр денитрифицирующих бактерий определяли на среде Гильтая.

Проведенные исследования позволили установить, что оптимальные границы влажности для протекания процесса нитрификации в хорошоокультуренной почве на 20% ниже, чем в слабоокультуренной и лежат в пределах 50-60% от полной влагоемкости (табл. 1).

Таблица 1

Влияние влажности на содержание нитратного и аммиачного азота в торфяно-болотных почвах разной степени окультуренности

Влаж- ность, %	NO_3^- , мг/100 г сухой почвы				N-NH_4^+ , мг/100 г сухой почвы			
	через			Сред- нее	через			Среднее
	12	30	60		12	30	60	
от под- ной вла- гоем- кости	дней со дня поста- новки опыта				дней со дня поста- новки опыта			

Хорошоокультуренная почва

30	105,1	93,9	122,4	107,1	5,40	3,82	6,92	5,38
50	126,1	142,2	182,6	150,3	7,39	4,28	10,50	7,39
60	101,0	120,4	182,7	134,7	10,16	5,42	10,44	8,61
80	44,3	8,8	14,3	22,4	11,26	11,28	21,36	14,63
100	29,6	16,8	24,1	23,5	14,80	15,00	25,76	18,52

Слабоокультуренная почва

30	62,2	441,9	483,7	329,2	15,20	7,18	3,58	8,59
60	47,1	354,7	540,8	314,2	14,31	7,14	4,80	8,75
80	58,3	432,2	635,2	395,3	12,42	6,22	7,08	8,57

В конце опыта содержание нитратов в обеих почвах возрас- тало, что указывало на усиление процессов минерализации ор- ганического вещества в них. В слабоокультуренной почве са-

мое большое содержание нитратов обнаружено при влажности равной 80% от полной влагоемкости.

Течение процесса аммонификации в слабо- и хорошоокультуренных торфяно-солотных почвах различно (табл.1). В хорошоокультуренной почве повышение влажности до полной влагоемкости сопровождалось закономерным усилением процесса аммонификации. В слабоокультуренной почве эта тенденция выявилась лишь через месяц после закладки опыта.

Самое большое содержание аммиачного азота в хорошоокультуренной почве зафиксировано в конце, а в слабоокультуренной — в начале опыта.

Была выявлена обратная взаимосвязь между процессами аммонификации и нитрификации. Самому высокому уровню содержания аммиачного азота в хорошоокультуренной почве соответствовали самые низкие показатели содержания нитратов.

В слабоокультуренной почве эта взаимосвязь проявилась во времени. В конце опыта увеличивалось количество нитратов и уменьшалось содержание аммиачного азота.

Установлена корреляционная зависимость между содержанием аммиачного и нитратного азота и численностью некоторых физиологических групп микроорганизмов. Коэффициенты корреляции между содержанием аммиачного азота и численностью аммонификаторов $r = 0,77$, численностью споровых аммонификаторов $r = 0,83$ и денитрификаторов $r = 0,53$, между содержанием нитратов и численностью аммонифицирующих бактерий $r = -0,73$, численностью их споровых форм $r = -0,71$, плесневых грибов $r = 0,60$.

О том, как влияла различная влажность на численность денитрифицирующих бактерий, дают представление данные табл.2.

Как следует из приводимых данных, наибольшая численность денитрифицирующих бактерий соответствовала влажности равной 80-100% от полной влагоемкости.

В первый срок определения в слабоокультуренной почве и во второй срок — в хорошоокультуренной почве отмечен второй максимум в развитии денитрификаторов при влажности 30 и 50% от полной влагоемкости. В конце опыта содержание денит-

рифицирующих бактерий увеличивалось.

Таблица 2

Развитие денитрифицирующих бактерий в торфяно-болотной почве при различном увлажнении
/тыс. на 1 г сухой почвы/

Влажность, % от полной влагоемкости	Через 12 дней	через месяц	Через 2 месяца	Сред- нее
	со дня постановки опыта			

Хорошоокультуренная почва

30	5,0	37,0	50,0	30,0
50	19,0	727,0	277,0	341,0
60	18,0	79,0	493,0	196,0
80	132,0	78,0	692,0	300,0
100	44,0	146,0	744,0	311,0

Слабоокультуренная почва

30	54,6	0,5	13,0	23,0
60	9,8	2,0	60,0	24,0
80	64,0	11,9	43,0	40,0

Выводы

1. Установлено, что в хорошоокультуренной торфяно-болотной почве оптимум влажности для процесса нитрификации ниже на 20%, чем в слабоокультуренной и лежит в пределах 50-60% от полной влагоемкости.

2. Выявлена обратная взаимосвязь между процессами аммонификации и нитрификации.

3. В развитии денитрифицирующих бактерий выявлено 2 максимума, однако с повышением влажности интенсивность процесса возрастала.

Литература

1. Ж. Пошон и Г. Де Баржак. Почвенная микробиология, М, ИЛ, 1960.

2. Frackowiak H. Influence of moisture and air contents on mineralisation of nitrogen in peat soils.
'Roczn. gleboznawcze', Dod, p. I75, 1968.

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ НА АММОНИФИЦИРУЮЩИЕ И НИТРИФИЦИРУЮЩИЕ БАКТЕРИИ.

И.И.Шевцова

Кафедра микробиологии Киевского госуниверситета.

Влажность почвы наряду с наличием питательных веществ, температурой, реакцией среды, аэрацией и структурой почвы оказывает большое влияние на активность и численность почвенной микрофлоры.

Известно, что высушивание неодинаково сказывается на различных представителях почвенных ассоциаций в силу неодинаковой потребности микроорганизмов в воде / 1, 2 /. Даже виды, объединенные в близкие систематические группы, различаются между собой по потребности во влаге / 3 /. К тому же влажность влияет на микрофлору почвы не только непосредственно, но и косвенно, изменяя условия аэрации, реакцию среды, количество растворимых веществ в почвенном растворе.

Мы изучали влияние влажности на развитие в почве двух физиологических групп почвенных бактерий, принимающих участие в круговороте азота, — аммонификаторов и нитрификаторов. При этом принимали во внимание не только абсолютное количество влаги в почве, но и скорость высушивания почвы.

Объектом исследования служила черноземная почва ботанического сада КГУ с 5,97% гумуса.

Развитие аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий изучали в следующих почвенных вариантах:

- 1/ почва с полевой влажностью,
- 2/ воздушно-сыхая почва, т.е. без гравитационной воды,
- 3/ воздушно-сухая почва, выдержанная в эксикаторе с водой, т.е. обладающая максимальной гигроскопичностью;
- 4,5,6/ образцы исследуемой почвы, выдержанные в эксикаторах с растворами CaCl_2 определенной концентрации, поддерживающими относительную влажность воздуха 90%, 80%, и 70%, т.е. почвы, содержащие определенный процент гигроскопической воды;

- 7/ почва, высушенная над CaCl_2 , т.е. без капиллярной и большей части гигроскопической воды;
 8,9,10/ почвы соответственно с 30%, 60%, 90% влаги от полной влагоемкости.

Образцы почв хранили в указанных условиях три месяца. Но для достижения таких условий потребовалось неодинаковое время, зависящее от способа высушивания, т.е. скорость высушивания определялась способом высушивания. В таблице I приведены данные о скорости высушивания почвенных образцов в зависимости от способа высушивания.

Таблица I.

Влияние способа высушивания на скорость высушивания почвы / Влажность почвы выражена в % от абсолютно сухого веса почвы/.

Способ высушивания	д н и			
	5	10	15	20
на воздухе	16,9	4,1	2,6	1,8
над CaCl_2	5,3	1,2	0,7	0,7
при 90% ОВ	18,3	9,5	8,1	6,8
при 60% ОВ	17,8	9,3	7,9	7,8
при 70% ОВ	17,2	8,9	8,0	7,3

Примечание: ОВ – относительная влажность

Как видно из таблицы, относительно сравнимая влажность была достигнута при высушивании над CaCl_2 за 5 дней, на воздухе – за 10 дней, над растворами CaCl_2 – более чем за 20 дней.

При установлении в образцах почв сравнительно соизмеримых влажностей и после выдерживания образцов в указанных условиях в течение трех месяцев в них определяли количество аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий.

Аммонифицирующие бактерии учитывали на мясо-пептонном и почвенном агаре с прогреванием почвенной суспензии и без / для подсчета спорных форм и общего количества/.

Учет нитрифицирующих бактерий проводили путем посева почвенных разведений на водный агар с аммонийно-магниевой солью фосфорной кислоты / 4 /.

Учитывая данные Д.Г.Звягинцева / 5 / о необходимости соответствующей подготовки высушенных почв к количественному учету микроорганизмов из-за усиленной адсорбции, а также сведения других авторов / 6 / о том, что в воздушно-сухой почве нитрифицирующие бактерии находятся внутри почвенных агрегатов, мы перед анализом все образцы почвы растирали в стерильной ступке.

Проведенные исследования показали, что содержание влаги и скорость высушивания почвенных образцов сказываются на развитии исследуемых групп микроорганизмов. Аммонифицирующие бактерии после трех месяцев высушивания почвы во всех вариантах сохраняли свою жизнеспособность и в значительном количестве вырастали на мясо-пептонном и почвенном агаре. Максимальное их количество наблюдалось при влажности 30%–60% от полной влагоемкости.

При сравнении реакции спорообразующих и неспорообразующих форм аммонифицирующих бактерий на снижение уровня влаги в почве не было обнаружено заметного преобладания спорообразующих форм, как следовало бы ожидать. Это свидетельствует о наличии наряду со спорами и иных механизмов защиты почвенных микробов при неблагоприятном водном режиме.

Количество нитрифицирующих бактерий уменьшалось в образцах, лишенных гравитационной воды, и падало почти до нуля в почве, хранившейся над CaCl_2 , т.е. лишенной капиллярной воды. Наибольшее их количество обнаруживалось в почве, увлажненной до 60% от полной влагоемкости. В образцах почвы, увлажненной до 90% от полной влагоемкости, количество нитрификаторов падало, вероятно в связи с некоторым ухудшением условий аэрации вследствие избытка воды.

Наиболее резко падало количество аммонифицирующих и

нитрифицирующих бактерий при быстром высушивании, а именно над CaCl_2 . В течение 10 первых дней аммонификаторов уменьшилось в 2,5 раза, а нитрификаторов — в 8 раз.

При постепенном высушивании почвы на воздухе и над соответствующими растворами CaCl_2 количество аммонифицирующих бактерий уменьшилось незначительно, а нитрифицирующих бактерий — в три раза /при ОВ— 70%/.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что нитрифицирующие бактерии обладают более высокой чувствительностью к содержанию воды в почве, чем аммонифицирующие. Однако даже длительное высушивание почвы не приводит к полной гибели эти физиологические группы микроорганизмов.

Следует однако учитывать, что вследствие неоднородной сухости почвы и создания в ней значительных градиентов содержания влаги мы не можем с полным основанием утверждать о выживаемости при указанных условиях исследуемых микроорганизмов вообще в почве. а расчеты следует вести на определенные условия, возникающие при указанных водных режимах в отдельных микрозонах почвы.

На основании полученных данных о количественном составе аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий нельзя делать вывод и о степени активности процессов аммонификации и нитрификации при указанных режимах высушивания, так как известно, что максимум активности микробиологических процессов часто не совпадает с максимальной численностью микроорганизмов их вызывающих.

Для выяснения этого вопроса нужны дальнейшие специальные эксперименты.

Литература

1. Новогрудский Д.М., 1946, Микробиология, т.ХУ, в.3.
- 2.Потон Ж., Де Баржак Г., 1960, Почвенная микробиология, Изд-во И.Л.
3. Еникеева М.Г., 1952, Тр.ин-та микроб. АН СССР, в.2.

4. Чундерова А.И., Зубец Т.П., 1970, Микробиология, т.39, в. 5.
5. Звягинцев Д.Г., 1969, Научные доклады высшей школы. Биол. науки, №3.
6. Nishio Michinori, Furusaka Choseki, 1970, Soil Sci. and Plant Nutr., 16, 4.

ОБ АММОНИФИКАЦИИ И НИТРИФИКАЦИИ В НЕКОТОРЫХ ТИПАХ ПОЧВ АРМЯНСКОЙ ССР

Л.А.Хачикян, Н.А.Оганесян

НИИ почвоведения и агрохимии Армянской ССР

Микробиологическая активность является важнейшим показателем плодородия почв. Жизнедеятельность аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий способствует увеличению биогенности почв, а группа споровых аммонификаторов рассматривается как показатель глубины развития почвообразовательного процесса (I-6). Следовательно, изучение аммонификации и нитрификации имеет важное значение для характеристики плодородия почв. Исследования проводили на полупустынных — бурых, каштановых, буро-лесных почвах, черноземах и содовых солончаках Армянской ССР, которые характеризуются различной степенью окультуренности. Почвенные образцы анализировали на содержание аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий и определяли нитрифицирующую способность в исследуемых почвах.

Результаты исследований количества аммонификаторов на МПА, МПА + СА, пептонной воде и нитрификаторов на среде Виноградского показали, что активность микробиологических процессов в этих почвах протекает достаточно интенсивно. Общая численность аммонификаторов в пахотном и подпахотном горизонте выражается довольно большими величинами. Характер распределения их по профилю различен (табл. I). В черноземах обнаружено меньшее количество аммонифицирующих гниlistых бактерий, а в их нижних слоях (97 см), наблюдается сравнительно высокое содержание споровых аммонификаторов (табл. I). Окультуренные почвы более богаты аммонифицирующими, спорообразующими и нитрифицирующими бактериями. С углублением по профилю почв абсолютная численность бактерий уменьшается, а относительное содержание споровых бактерий возрастает, очень характерны данные по видовому составу споровых бактерий. Окультуривание почвы способствует резкому накоплению в почве группировки *Bac. megaterium*, который можно использовать как индикатор для определе-

Таблица I

Микробиологическая активность почв (млн/г)

Тип почвы	Горизонты, см	Аммонификаторы		Споровые аммонификаторы на МПА+СА	Нитрификаторы на среде Виноградского
		На МПА	На пептонной воде		
Чернозем	A 0-17	12,50	9,46	1,96	1,49
	A ₂ 17-39	8,50	8,75	0,44	1,37
	B 39-61	1,84	0,33	0,33	0,32
	BC 61-72	2,27	0,32	0,19	1,43
	C ₁ 72-97	15,65	0,32	4,09	1,43
	C ₂ 97-133	0,51	0,03	0,13	1,39
Буро-лесная	A ₁ 2-9	37,67	9,21	2,08	2,07
	A ₂ 9-28	20,13	13,92	2,66	1,39
	B 28-52	19,23	13,92	1,92	1,41
	BC 52-75	14,13	12,64	3,00	1,26
	C ₁ 75-103	10,94	12,34	4,12	1,22
	C ₂ 103-133	5,11	12,22	1,27	1,22

ния степени окультуренности почв. В черноземе количество споровых аммонификаторов в окультуренной почве доходит до 7,6 млн (табл.2), где обнаруживается наличие *Bac.mycoides* .

В лесных почвах наряду с высоким содержанием споровых бактерий, по видовому составу доминируют *Bac.agglomeratus* , *Bac.sereus* . Наличие в почве *Bac.mycoides* , *Bac.sereus* можно использовать как индикатор для характеристики типа почв (3). Известно, что бактерии группы *Bac.megaterium* , *Bac.mesentericus* и *Bac.idosus* могут питаться только минеральными формами азота и их распространение обычно связано с наиболее высоким уровнем процессов аммонификации и нитрификации почвы. В окультуренных черноземах каштановых почв и мелиорированных солончаках присутствие этих микроорганизмов доказывает, что про-

Таблица 2

Содержание микроорганизмов в некоторых
типах почв (млн/г)

Тип почвы	Варианты	Аммонификаторы	Споровые аммонификаторы	Нитрификаторы
Чернозем	Целина	14,86	1,01	1,49
	Окультуренная	22,00	7,60	2,20
Каштановая	Целина	-	1,71	0,40
	Окультуренная	13,98	3,38	1,29
Полупустынная-бурая	Целина	6,62	2,81	2,95
	Окультуренная	44,40	4,69	9,72
Содовый солончак	Целина	-	1,16	0,29
	Мелиорированная	133,00	6,15	14,50

цессы минерализации протекают более интенсивно, чем в лесных неокulturенных почвах. Окультуривание и мелиорирование почвы резко влияют на численность и содержание нитрификаторов. Возбудители нитрификаторов обнаружены по всему профилю почвы до глубины 258 см, но наибольшая нитрификационная способность обнаруживается в пахотных слоях. Интенсивность нитрификации как и численность нитрификаторов мелиорированных содовых солончаках увеличивается в 48 раз, а содержание нитратов за 3 недели инкубации - 24 раза (табл. 2,3). Нитрификация интенсивно проходит также в окультуренных бурых и каштановых почвах.

Таким образом, окультуренные почвы Армении отличаются более высокой численностью аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий и интенсивностью микробиологических процессов, что обуславливает превращение азотсодержащих соединений.

Таблица 3
Нитрификационная способность некоторых типов почв

Тип почвы	Варианты	Содержание $N-NO_3^-$ на 10 г почвы в мг		
		В исходной почве	Через 21 день инкубации	Увеличение $N-NO_3^-$ в мг на 10 г почвы
Полупустынная-бурая	Целина	Следы	3,00	3,00
	Окультуренная	0,60	7,60	7,00
Каптановая	Целина	3,20	11,10	7,90
	Окультуренная	1,70	14,60	12,90
Содовый солончак	Целина	0,90	14,45	13,50
	Мелиорированная	0,10	24,30	24,20

ЛИТЕРАТУРА

1. Ф.П.Вавуло, А.И.Карбанович 1965. Распространение споровых форм бактерий в почвах разных типов. Микробиология, т.34, вып.1.
2. Ф.П.Вавуло, Л.А.Карягина, А.М.Барталевич 1969. Биологическая активность почв разной степени окультуренности. Сб. "Агрохимическая характеристика почв в БССР", вып. У1.
3. Е.Н.Михустин, В.А.Мирзоева 1966. Микрофлора почв севера СССР. Сб. "Микрофлора почв в северной и средней части СССР". М.
4. П.Рахно, М.Аксель, Л.Сирп, Х.Рийс 1971. Динамика численности почвенных микроорганизмов. Изд-во "Валгус", Таллин.
5. Х. Роосталу, В.Лаур 1971. Об аммонификации и нитрификации в некоторых почвах Эстонской ССР. Сб. научных трудов Эстонской СХ академии.
6. Н.И.Туренков, Л.А.Карягина, Л.М.Стефанькина 1971. Влияние окультуренности дерново-подзолистых (полевых) почв на развитие споровых бактерий. Почвоведение и агрохимия, вып.8, изд-во "Урожай" Минск.

ВЛИЯНИЕ БЕССМЕННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПОЧВЕ

М.Б.Петренко

Харьковский Госуниверситет

Правильное и рациональное использование почвенного плодородия является одной из основных задач в период разра-
ботки мероприятий по получению высоких урожаев сельскохозяй-
ственных культур. Непосредственное отношение к этой задаче
имеет вопрос о токсичности почвы, возникающей под некоторыми
растениями. Явление токсичности нивелируется при смене куль-
тур в севообороте и усиливается при бессменном выращива-
нии.

К растениям, которые создают неблагоприятные условия
как для себя так и для других культур, можно отнести сахарную
свеклу. Эта культура по данным Захарченко и др./2/при выращи-
вании в монокультуре дает урожай 90 ц/га при урожае в сево-
обороте 203 ц/га /среднее за 30 лет/.

Подобное снижение урожайности при бессменном выра-
щивании льна, клевера, люцерны, озимой пшеницы, картофеля и дру-
гих культур отмечали многие исследователи. Это явление ранее
носило название "почвоутомления". Несмотря на большой, постое-
янный интерес к этому явлению оно до сих пор окончательно не
изучено. Не вскрыты причины, приводящие к возникновению ток-
сичности, не разработаны мероприятия по устранению этого
вредного явления.

Сейчас термин "почвоутомление" можно заменить терми-
ном "токсичность почвы", т.к. экспериментальный материал, на-
копленный за последние годы Мирчинк /3/, Берестецким /1/ и
многими другими, свидетельствует, что основной причиной токсич-
ности являются токсины микробного и растительного происхожде-
ния, попадающие в почву как при жизни микроорганизмов и расте-
ний, так и после их гибели.

Представления о том, что почвоутомление является ре-
зультатом обеднения почвы элементами питания за счет односто-
роннего выноса бессменной культурой, не могут считаться убеди-
тельными на основании многолетних исследований, проведенных с

с бессменными культурами, но при постоянном внесении органических и минеральных удобрений.

При выяснении причин токсичности черноземных почв под растениями мы выбрали в качестве объектов исследования сахарную свеклу, выращивание которой без севооборота почти невозможно, и кукурузу, слабо реагирующую на бессменное выращивание.

Работа в этом направлении начата нами в 1959 году.

Ранее мы сообщали, что бессменное выращивание сахарной свеклы приводит к появлению значительного количества ингибирующих бактерий, увеличению численности грибов, снижению ферментативной активности почвы, чего почти не наблюдается в почве под кукурузой /4 - 6/.

Как показали наши дальнейшие исследования, длительное выращивание ризосферных бактерий на корнях растений приводит к изменению их биохимических свойств. В частности изменяется активность амилазы и протеазы, резко возрастает потребность в витаминах группы В, без которых бактерии хуже используют элементы питания. Совместное выращивание этих бактерий с растениями, особенно при недостатке элементов питания, приводит к явному угнетению роста и развития растений.

Таким образом, само растение при длительном выращивании на одном участке является причиной нежелательной изменчивости микроорганизмов, т.е. появлению ингибирующих форм.

Нежелательное действие некоторых ингибирующих бактерий может блокироваться добавлением элементов основного и дополнительного питания. Однако, среди ингибирующих бактерий есть такие, которые накапливают в почве токсины, препятствующие нормальному развитию микроорганизмов и растений.

Ранее считали, что основными синтетиками токсинов почвы являются грибы. Изучая развитие микроорганизмов в ризосфере сахарной свеклы и кукурузы, мы наблюдали, что численность грибов резко возрастает именно в тех почвах, где создаются неблагоприятные условия для развития растений. Как видно из табл. I, самая высокая численность грибов отмечается в почве под бессменной сахарной свеклой. Значительное развитие грибовых организмов приводит к нарушению естественных количеств-

Таблица I

Развитие микроорганизмов в ризосфере сахарной
свеклы и кукурузы, в тыс на 1 г абсолютно сухой почвы

Вариант опыта	:Общее количество: Общее : Соотношение				
	: бактерий		: коли-		"бактерии: грибы"
	: несо-	: споро-	: чество		
	: ровые	: вые	: грибов		
Сахарная свекла					
Бес- смен- ная	Без удобрений	2500	1420	674	5,8
	Внесен навоз	3270	1620	420	11,8
	Внесено МРК	2320	1170	1080	3,2
Сев- обо- рот	Без удобрений	3580	1840	199	27,2
	Внесен навоз	4520	2480	208	33,9
	Внесено МРК	2960	1800	704	6,8
Кукуруза					
Бес- смен- ная	Без удобрений	3780	1220	211	23,7
	Внесен навоз	5760	2140	354	22,3
	Внесено МРК	3280	1800	256	19,8
Сев- обо- рот	Без удобрений	4260	1460	182	32,6
	Внесен навоз	5910	2270	284	28,8
	Внесено МРК	4240	1540	220	26,2

венных соотношений в микробных ценозах черноземных почв, о чем свидетельствует отношение "бактерии : грибы". Оно самое низкое под бессменной сахарной свеклой. Внесение удобрений не может восстановить количественных соотношений, характерных для данной почвы. Следует отметить, что это соотношение в почве под сахарной свеклой из севооборота почти не отличается от кукурузы. Внесение минеральных удобрений в почву севооборота нежелательно сказывается на соотношении основных групп микроорганизмов. Такое же снижающее действие оказывают минеральные удобрения на активность протеазы в почве /табл.2/. Активность этого фермента коррелируется с количеством бактерий. Под бессменной сахарной свеклой она заметно ниже, чем под кукурузой, что указы-

вает на угнетение микробиологической активности, в первую очередь, аммонифицирующей активности.

Таблица 2

Протеолитическая активность почвы под сахарной свеклой и кукурузой /мг аминокислот на кг почвы за сутки/

Вариант опыта		: Сахарная свекла	: Кукуруза
Бессменная культура	: Без удобрений, контроль	0,410	0,584
	: Внесен навоз	0,661	0,689
	: Внесено MPC	0,411 ^x	0,453
Севособорот	: Без удобрений, контроль	0,599	0,613
	: Внесен навоз	0,784	0,819
	: Внесено MPC	0,553	0,617

Примечание: различия между вариантами и контролем значимы/ $P=0,025 - 0,011$ /, x - не значимы.

Бессменное выращивание сахарной свеклы приводит к снижению численности не только аммонифицирующих, но и нитрифицирующих бактерий /табл.3/. При этом снижается и нитрификационная способность почвы. Она несколько выше в почве, обогащенной органическими удобрениями.



Рис.1. Суммарное содержание свободных аминокислот в почве под сахарной свеклой и кукурузой; 1 - без удобрений; 2 - внесен навоз; 3 - внесено MPC ; А - бессменная культура; Б - севооборот

Таблица 3

Влияние условий выращивания сельскохозяйственных растений на развитие нитрифицирующих бактерий и нитрификационную способность почвы, в мг NO_3^- на кг почвы

Вариант опыта	: Число нитрифицирующих бактерий : в г почвы		: Нитрификационная способность : До компостирования : После 14 дней компостирования : Прибавка NO_3^- : % от исходного			
Сахарная свекла						
Бессменная култура	Без удобрений :	975	23	104	81	352
	: Внесен навоз :	1350	28	129	101	398
	: Внесено NPK :	850	21 ^x	96 ^x	75 ^x	357
Севоброт	Без удобрений :	1300	26 ^x	131	105	403
	: Внесен навоз :	1850	33	176	143	433
	: Внесено NPK :	1150	25 ^x	124	98	396
Кукуруза						
Бессменная култура	Без удобрений :	1200	27	130	103	381
	: Внесен навоз :	1780	30	154	124	413
	: Внесено NPK :	1020	24 ^x	109	85	354
Севоброт	Без удобрений :	1230	29 ^x	149	120	413
	: Внесен навоз :	2300	33	179	146	442
	: Внесено NPK :	1200	27 ^x	133 ^x	106 ^x	393

Примечание: различия между неудобренной бессменной культурой и вариантами значимы/ $P=0,025-0,011$ /, x - не значимы.

Определение содержания свободных аминокислот в исследуемых почвах показало, что под сахарной свеклой оно несколько выше, чем под кукурузой /рис. I/. Это может объясняться целым рядом причин, т.к. содержание свободных аминокислот в почве связано с синтетической деятельностью микроорганизмов и растений, с использованием аминокислот в качестве элементов питания, с адсорбцией и синтезом гумусовых веществ / 7 /.

По нашим данным одной из причин более низкого содержания свободных аминокислот в почве под кукурузой может быть более высокая дезаминирующая способность почвы, которая приводит к расщеплению аминокислот и превращению их в другие соединения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берестецкий О.А. В кн. Проблемы азота и урожая на Полесье, К., изд-во "Урожай", 1967
2. Захарченко И.Г., Пироженко Г.С., Сухобрус С.В. Почвоведение, 7, 1962
3. Мирчинк Т.Г., Грешных К.П. Микробиология, 30, 6, 1961
4. Образцова А.А., Петренко М.Б. Труды ХСХИ, XI IX, 1966
5. Образцова А.А., Петренко М.Б. Труды ХСХИ, XI IX, 1966a
6. Петренко М.Б., Глуценко В.В. Микробиологічний з., 28, 3, 1966
7. Петренко М.Б., Степаненко А.Я., Сафонова И.Я., Козловская Л.Г. В кн. Микробиологические и биохимические исследования почв. К., изд-во "Урожай", 1971

СЕВООБОРОТ И МОНОКУЛЬТУРА КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ АЗОТА В ПОЧВЕ

В.И.Захарова, Л.И.Шилина, Л.М.Зиль
Украинский научно-исследовательский институт
земледелия

Одной из важнейших задач сельскохозяйственной науки является всестороннее изучение условий, влияющих на продуктивность растений. Снижение плодородия почвы и урожаев сельскохозяйственных культур в бессменных и повторных посевах давно привлекает внимание ученых и практиков земледелия, однако проблема эта далека от разрешения /1, 2/.

В этом аспекте значительный интерес представляют микробиологические и биохимические процессы в почве севооборотов и монокультур. Немногочисленными исследованиями установлено, что бессменное возделывание сельскохозяйственных культур влияет на количественный и качественный состав почвенной микрофлоры, обуславливает снижение активности некоторых ферментов и повышение токсичности почвы /3, 4, 5/.

В течение 1969-1971 гг. мы изучали содержание микроорганизмов, участвующих в превращениях азота, и активность протеазы под некоторыми сельскохозяйственными культурами в севообороте и бессменных с 1961-62 гг. посевах. Почва - мощный легкосуглинистый чернозем Драбовской опытной станции полеводства /Черкасская обл./ и супесчаная дерново-подзолистая почва Житомирской областной сельскохозяйственной опытной станции.

Микроорганизмы, усваивающие органический азот, определяли на пептон-глюкозном агаре с почвенной вытяжкой /ПГАП/; усваивающие минеральный азот - на крахмало-аммиачном агаре /КАА/; нитрифицирующие - на выщелоченном агаре с аммонийно-магnezиальной солью фосфорной кислоты; денитрифицирующие - на среде Гильтая; активность протеазы - в

модификации Ромейко с применением хлорного железа.

Полученные данные показывают, что сельскохозяйственная культура и способ ее возделывания оказывают существенное влияние на интенсивность микробиологического превращения

Таблица

Количество микроорганизмов, участвующих в превращениях азота, и активность протеазы в мощном черноземе

Варианты опыта		Мик. на 1 г почвы				Протеаза, золотисто-лиственных единиц на 10 г почвы
		на ПАП	на КАА	нитрифицирующее	денитрифицирующее	
Черный пар	монокультура	3,0	5,1	0,8	1,4	148
	свооборот	9,1	7,3	0,5	5,5	211

Озимая пшеница	монокультура	5,8	8,4	0,7	2,0	245
	свооборот	8,4	11,8	0,6	7,5	247

Кукуруза	монокультура	7,7	10,9	0,7	8,7	225
	свооборот	7,7	13,5	0,5	7,2	279

азота. Так, количество соответствующих групп микроорганизмов и активность протеазы, осуществляющей гидролитический распад сложных органических азотсодержащих соединений, в почве севооборота выше, чем в бессменных посевах, что свидетельствует о более активных микробиологических и биохимических процессах.

Под отдельными сельскохозяйственными культурами показатели биологической активности отличались, что связано с применяемой агротехникой, а также различным количеством поступающих в почву пожнивных остатков. Самой низкой протеолитической активностью и наименьшим содержанием микроорга-

низмов характеризовалась почва черного пара, особенно бес-
сменного. По мнению Е.Н.Михустина /3/ низкое содержание
микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота, ука-
зывает на истощенность почвы. Это подтверждается также на-
шими исследованиями.

Вышесказанное находится в соответствии с агрохимичес-
кими исследованиями, свидетельствующими о различной убыли
гумуса и общего азота в пахотном слое почвы.

Так, в бессменном пару за 8 лет содержание гумуса сни-
зилось по сравнению с исходным на 13%, а общего азота - на
4,6%. В пару севооборота эти величины составили соответ-
ственно 7,5% и 3,2%.

Представляет интерес сопоставление сезонной динамики
протеолитической активности почвы и величины соотношения
микроорганизмов, усваивающих органический и минеральный
азот. Приведенные ниже цифры отражают прямую зависимость
и указывают на усиленную минерализацию органических сое-
динений азота весной и осенью:

активность протеазы по вариантам опыта /жел.- лит.единиц на 10 г почвы/		соотношение количества микроорганизмов на средах с органическим и мине- ральным азотом
весна	200-400	1 : 2-4
лето	100-220	1 : 1 "
осень	150-300	1 : 1,5-3

На дерново-подзолистой почве аналогичные исследования
проводились под люпином, озимой пшеницей, картофелем и ку-
курузой.

Количество микроорганизмов на среде с органическим азо-
том колебалось по вариантам опыта в пределах 3,4-9,5 млн./
1 г почвы, на среде с минеральным азотом - 5,5-10 млн., де-
нитрифицирующих - 12-54 млн. Очень высокое содержание де-
нитрификаторов, в 6-26 раз превышающее таковое в черноземе,
указывает на интенсивную денитрификацию в дерново-подзо -

листой почве. Максимальное количество денитрифицирующих бактерий отмечалось под монокультурой озимой пшеницы и картофеля, а в севообороте — под травосмесью клевера и тимофеевки.

Протеолитическая активность дерново-подзолистой почвы гораздо ниже, чем чернозема мощного, и составляет 100–170 каталитико-литических единиц на 10 г почвы.

Влияние севооборота и монокультуры на микрофлору дерново-подзолистой почвы четче всего сказалось на содержании нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий, а также усваивающих минеральный азот.

В результате исследований установлено, что севооборот и монокультура являются очень действенным экологическим фактором микробиологического превращения азота в почве. Под культурами севооборота выявлено больше микроорганизмов, участвующих в превращениях азота, чем в монокультуре, а также более высокая протеолитическая активность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захарченко И.Г., Пироженко Г.С., Сухобрус С.В. О влиянии бессменных культур на плодородие почвы. Почвоведение, № 7, 1962 г.
2. Лыков А.М., Роль длительного применения удобрений, севооборота и монокультур в изменении органического вещества в почве подзолистого типа. Известия ТСХА, № 6, 1963 г.
3. Мишустин Е.Н., Теплер Е.З. Влияние длительного севооборота, монокультур и удобрений на состав почвенной микрофлоры. Известия ТСХА, № 6, 1963 г.
4. Чундерова А.И., Зубец Т.П. Влияние севооборота на активность биохимических процессов в дерново-подзолистой почве. Сборник докладов симпозиума по ферментам почвы, Минск, 1968 г.
5. Образцова А.А., Петренко М.Б. Об участии микроорганизмов в создании токсичности почвы в бессменной культуре сахарной свеклы. Труды Харьковского СХИ, т.49, 1966 г.

О СЕЗОННОЙ ДИНАМИКЕ МИКРОБОВ,
УЧАСТВУЮЩИХ В КРУТОВОРОТЕ АЗОТА,
В СВЯЗИ С ПОЧВОУТОМЛЕНИЕМ В ЯБЛОНЕВЫХ САДАХ

Д.Виллеберг, Х.Тийвель, К.Мозес
Тартуский государственный университет

Проблема почвоутомления привлекает внимание многих ученых, так как почвоутомление обуславливает снижение урожая культур. Особенно часто проявляется почвоутомление в яблоневых садах, где десятилетиями лет выращивают монокультуры. Несмотря на многочисленные исследования, причины почвоутомления пока остаются невнясными. По литературным данным почвоутомление в яблоневых садах зависит в первую очередь от выделений корней (Batistic, Mayadon, 1970) и от продуктов разложения корней яблони (Mc Calla, Haskins, 1964; Берестецкий, 1969, 1970; Прутенская и др. 1970), а также от деятельности микробов ризосферы, участвующих в их изменениях (Мороз, 1967; Towers, 1968; Mayadon; Batistic, 1970).

В корнях яблони находится большое количество фенольных соединений, особенно флоридина, содержание которого со старением яблони повышается (Middle, 1965). Фенольные соединения, попадая в почву, играют большую роль в физиолого-биохимических процессах как самих растений, так и микробов.

Учитывая вышесказанное, представляло интерес установление зависимости почвоутомления от количественной динамики микробов, а также от обратной зависимости.

В течение трех лет (1969...1971) исследовали почвы яблоневых питомника и яблоневых садов Ваазулаского совхоза, Тартуского района Эст.ССР. Изучали питомники и сады, заложенные за последние 5...10 лет на полевых участках, раньше никогда не ввяхтых под культуры фруктовых деревьев, а также сады и питомники, заложенные повторно на площади старых садов (питомников). Первые имеют нормальные, вторые - утомившуюся почву. Пробы почвы брали в объеме кроны яблони на глубине 2...40 см один раз в месяц в течение вегетационного периода. Численность гнилостных бактерий, нитрификаторов, де-

нитрификаторов, *Cl.pasteurianum*, азотобактера, аэробных целлюлозоразлагающих бактерий определяли по методу разведения почвы. Биологическую активность микробов оценивали по разложению льняной ткани и накоплению аминокислот. pH и Eh почвы определяли потенциометрически.

Находившиеся под наблюдением питомники и яблоневые сады расположены на среднеплодородной с низкой влажностью (10...15 %) супесчаной почве.

Результаты опытов показывают, что исследованные нами почвы яблоневых питомников и яблоневых садов различаются как по физико-химическим, так и по микробиологическим показателям.

Во всех исследованных почвах реакция почвы (pH) и течение вегетационного периода сильно изменялась (весной 4,2...5,0, осенью 7...8,4). pH почв утомленных питомника и яблоневого сада ниже на 0,4 единицы по сравнению с pH их нормальных почв.

У исследованных почв редокспотенциал (Eh) оставался в пределах 0,3...0,6, его максимум отмечался весной и минимум - осенью. Показатель суммарной аэробности (χ_{H_2}) отмечался между 23...32, что указывает на хорошую аэрацию почв. χ_{H_2} почвы нормального питомника выше примерно на две единицы по сравнению с χ_{H_2} почвы утомленного питомника.

В почве яблоневых садов активное число (сумма численности в течение вегетационного периода) гнилостных бактерий, денитрификаторов, нитрификаторов и аэробных целлюлозоразлагающих бактерий значительно выше, чем в почве питомников. Однако численность азотобактера и *Cl.pasteurianum* в почве питомников больше, чем в яблоневых садах (таблица).

В почвах нормальных питомника и яблоневого сада активное число всех нами определяемых групп микроорганизмов выше, чем в почвах утомленных питомника и яблоневого сада. Исключение составляют численность нитрификаторов, содержание которых в утомленных почвах больше, чем в нормальных почвах. Численность *Cl.pasteurianum* в вегетационный период сильно колеблется (1...130 тысяч клеток на 1 г в сухой почве), а именно, минимум наблюдается весной, а максимум осенью.

**Активные числа физиологических групп почвенных
бактерий**

Группа	Год	Почва яблонного питомника		Почва яблоневого сада	
		Нор- мальная	Утом- ленная	Нор- мальная	Утом- ленная
Гнилостные бактерии ($\times 10^6$ /г)	1969	83,8	58,3	200,2	145,5
	1970	22,3	15,7	15,7	14,2
	1971	9,7	7,3	10,2	8,7
Денитрифи- каторы ($\times 10^5$ /г)	1969	11,4	9,8	17,5	10,0
	1970	8,5	5,2	9,3	5,0
	1971	14,2	8,4	11,8	9,0
Нитрифи- каторы ($\times 10^6$ /г)	1969	20,5	35,8	29,5	34,5
	1970	19,5	21,7	20,2	30,4
	1971	4,0	11,0	5,7	12,0
Cl. pasteurianum ($\times 10^4$ /г)	1969	29,0	14,8	15,2	10,2
	1970	19,4	9,7	10,6	7,0
	1971	44,4	33,8	21,5	7,1
Азотобактер ($\times 10$ /г)	1969	54	35	4,7	1,6
	1970	2,3	11,3	12,5	4,5
	1971	39	13,5	5,0	2,2
Аэробные целлю- лозоразлагающие бактерии ($\times 10^{3\text{г}}$ /г)	1969	48,6	20,9	32,3	4,1
	1970	11,7	14,5	38,3	16,4
	1971	6,7	4,8	12,0	10,4

Выявляется также, что по численности микробов почва нормального яблоневого сада отличается от почвы утомленного яблоневого сада значительно больше чем почва нормального яблоневого питомника от почвы утомленного яблоневого питомника.

Биологическая активность микробоценоза была высокой в почве яблоневом питомника на глубине 2...10 см, а в почве яблоневых садов - на глубине 2...20 см.

Статистическая проработка полученных данных показывает, что в вегетационный период динамика численности гнилостных и денитрифицирующих бактерий во всех исследованных почвах одинакова, однако динамика численности целлюлозоразлагающих и нитрифицирующих бактерий, а также *Cy.pasteuriana* и азотобактера оказывается различной.

Резюмируя бактериологическую характеристику почвоутомления, можно утверждать, что при этом явлении развитие основных физиологических групп бактерий задерживается. Причину задержки развития названных групп бактерий нельзя отнести за счет недостатка питательных веществ, как это и выясняется из данных химического анализа почв. А также выделения корней (фенольные соединения). Нельзя принимать в качестве фактора, тормозящего деятельность бактерий, так как *in vitro* все основные группы бактерий переносят гораздо более высокие концентрации указанных соединений, чем те их концентрации, которые встречаются в почвенном растворе.

На развитие бактерий может оказать некоторое влияние кислая реакция утомленной почвы и несколько повышенная аэрация.

Очевидно развитие бактерий зависит от развития микромицетов, происходящего в утомленной почве более благоприятно, количество видов которых больше, чем в нормальной почве. К сожалению, на данные наших исследований почвенных микромицетов нельзя ссылаться так как обычно применяемая методика, по которой показателем интенсивного грибного процесса считаются результаты высевания известного почвенного разведения на агаровый пластинке, является очевидно неподходящей для этих целей. В дальнейших исследованиях придется пользоваться более специальными методами, результаты которых смогут отразить фактически интенсивность грибного процесса. В настоящее время полагаем, что существенным фактором торможения бактериальной деятельности является усили-

вакцаяся продукция антибиотиков. Малочисленность бактерий в свою очередь не благоприятствует трансформации продуктов обмена веществ яблони, чем вызывается возобновление обмена веществ самих деревьев.

Литература

- Batistic, L., J. Mayaudon, 1970. Ann. Inst. Pasteur, 118, 2, 199. - Mayaudon, J., L. Batistic, 1970. Ann. Inst. Pasteur, 118, 2, 191. - Mc Calla, T. M., P. A. Haskins, 1964. Bact. Reviews, 28, 2. - Берестецкий О. А., 1969. В: "Материалы 1-го межузовского научного совещания по вопросам агрофитоценологии". Изд-во Казанского ун-та, 161. - Берестецкий О. А., 1970. В: "Физиолого-биохимические основы растений в фитоценозах". "Научная думка". Киев, 113. - Мийдла Х. И., 1965. Агрохимия, 9, 109. - Мороз П. А., 1967. В: "I межузовское совещание по вопросам агрофитоценологии". Изд-во Казанского ун-та, 64. - Прутенская Н. И., Л. Д. Юрчак, М. А. Сорока, 1970. В: "Физиологобиохимические основы взаимодействия растений в фитоценозах". "Научная думка". Киев, 218. - Тоуэрс Г. Х., 1968. В: "Биохимия фенольных соединений". Мир, Москва, 216.

II секция ПЕРЕМЕЩЕНИЕ АЗОТА В СИСТЕМЕ
ПОЧВА-МИКРОБЫ-РАСТЕНИЯ

ИММОБИЛИЗАЦИЯ АЗОТА МИКРОФЛОРОЙ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ И ЕГО ДОСТУПНОСТЬ ДЛЯ РАСТЕНИЙ.

Т.В.Тарвис

Всесоюзный научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии.

Большое значение иммобилизационных процессов в цикле превращений азота в почве и недостаточная изученность этой проблемы /1,2,4/ определили задачу настоящего исследования — изучение с помощью изотопного метода мобилизуемости в подзолистых почвах азота, поглощенного микроорганизмами.

Опыты проводили на следующих почвах: слабокультуренной, супесчаной /№ 1/; среднекультуренных легкосуглинистых / № 42, клевернице и № 43 /; суглинистой /№ 30/ и тяжелосуглинистой / № 31/; хорошо окультуренной, легкосуглинистой / № 4/.

Содержание гумуса в них изменялось от 1,44 % в почве № 1 до 4,00 % в почве № 4, а в среднекультуренных почвах составляло 2,23 — 2,70 %. Кислотность / по pH в KCl / варьировала от 4,5 /почва № 31/ до 5,8 /почва № 4/. Представление о микрофлоре этих подзолистых почв дает табл. I.

Метку микробной биомассы тяжелым азотом проводили двумя способами. В одной серии опытов в почву вносили специально выращенную и хорошо отмытую от остатков питательной среды меченую биомассу живых микроорганизмов /3 /. Подобранные культуры различались по биологическим особенностям и содержанию азота. В их числе были: *Candida humicola* /4,8 %N/; *Mycobacterium lacticola* /10,30 %N/; *Bac. megaterium* /10,00%N/ и *Ficthoderma lignum* / 4,99 %N/. В других опытах иммобилизованный спонтанной микрофлорой азот накапливали непосредственно в самой почве, компостируя её в течение четырех недель в оптимальных условиях после внесения меченого азотного удобрения и энергетического материала /сахарозы, целлюлозы/. Соотношение C:N в этих добавках к почве составляло 22:1. Все варианты каждого опыта выравнивали по азоту. Доза его на кг сухой почвы составляла 0,1 г, а P_2O_5 и K_2O — соответственно по 0,2 и 0,1 г.

Иммобилизация азота в подзолистых почвах наиболее интенсивно проходит в первые дни и недели после заделки в них азотного удобрения и богатого углеродом органического вещества, в зависимости от его доступности для микрофлоры/рис. I/. Аналогичное отмечают также другие авторы /4,5/.

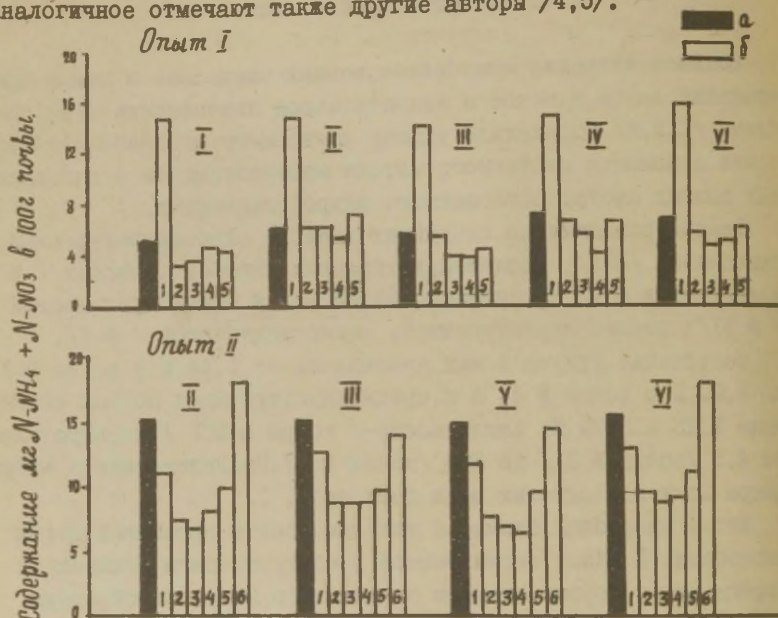


Рис. I. Влияние иммобилизационных процессов на содержание минерального азота в подзолистых почвах.

Почвы: № I/I/, № 4/II/, № 30/III/, № 31/IV/, № 42/V/, № 43/VI/.

Опыт I. а - исходная почва; б - почва + N PK + сахара через 24 часа, 2, 3, 4 и 10 дней компостирования /I, 2, 3, 4, 5/.

Опыт II. а - почва + NPK на 32 день; б - почва + NPK + целлюлоза на 5, 12, 19, 32, 45 и 160 день инкубации /I, 2, 3, 4, 5, 6/.

Известно, что накопление в почве органического азота при поступлении в нее энергетического материала тесно сопряжено с повышением численности микроорганизмов / 4 /. Почвы наших опытов не составляли исключения. Качественный состав накопи-

выщелачивания микрообной омомассы и интенсивность процессов минерализации-иммобилизации азота в почве зависели от источника энергетического материала и свойств самой почвы/рис. I, табл. I/.

Таблица I.

Микрофлора, иммобилизующая азот в подзолистых почвах.

Варианты опыта	Содержание микроорганизмов /тис. в I г почвы / на 28 день компостирования:			
	плесневые грибы	гнилостные на М П А	растущие на К А А	аэробные целлюлозо-разрушающ
I. Хорошо окультуренная, легкосуглинистая почва /№ 4 /.				
РК	25	12 700	12 500	4
РК+М	31	8 750	9 600	4
РК+М +целлюлоза	26	26 000	70 900	1460
РК+М +сахароза	325	42 000	53 500	7
2. Среднеокультуренная, легкосуглинистая почва /№ 43 /.				
РК	70	7 900	12 600	8
РК+М	90	8 800	14 300	9
РК+М +целлюлоза	85	23 500	64 900	112
РК+М +сахароза	860	34 100	50 500	14
3. Среднеокультуренная, легкосуглинистая почва /№ 42/.				
РК	80	12 600	13 200	11
РК+М	120	14 500	13 800	10
РК+М +целлюлоза	275	18 300	31 500	870
4. Среднеокультуренная, тяжелосуглинистая почва /№ 31/.				
РК	160	13 900	11 300	4
РК+М	200	15 800	16 200	6
РК+М +сахароза	2250	16 400	23 800	14

Минеральный азот почвы и удобрений, судя по результатам микробиологических анализов, может быть закреплен в форме живого вещества в подзолистых почвах на длительный срок /не менее 3 лет, табл. 2 /. Восстановление микробного равновесия в почве происходит тем скорее, чем выше её окультуренность и микробиологическая активность.

В какой мере азот, поглощенный микроорганизмами, доступен

Таблица 2.

Микрофлора, иммобилизующая азот в подзолистых почвах
на второй и третий год опыта /последствие/.

Микро- орга- низмы	Варианты опыта	Содержание микроорганизмов / тыс. в 1 г / в почве:			
		слабокультурен- ной / № 1 /		хорошо окульту- ренной / № 4 /	
		на 2 год	на 3 год	на 2 год	на 3 год
Плесне- вые грибы	РК	60	40	50	60
	РК+N	170	160	50	-
	РК+N целлюлоза	80	50	50	50
	РК+N сахараза	2 100	2 400	40	30
Гнилост- ные на М П А	РК	2 900	4 600	11 000	23 700
	РК+N	3 000	4 500	12 600	-
	РК+N +целлюлоза	12 100	29 800	17 300	25 800
	РК+N +сахараза	16 800	21 800	58 500	25 400
Расту- щие на К А А	РК	2 600	5 900	10 400	30 600
	РК+N	2 300	4 000	22 200	-
	РК+N +целлюлоза	11 600	17 800	19 300	22 000
	РК+N +сахараза	10 100	9 300	50 600	33 750
Аэробные целлюло- зоразру- шающие	РК	1	2	105	93
	РК+N	1	2	132	-
	РК+N +целлюлоза	148	81	134	121
	РК+N +сахараза	8	19	83	104

Примечание: К А А - крахмало-аммиачный агар.

растениям ? Ответ на этот вопрос был получен в вегетационных опытах. Учет поступления ¹⁵N в овес показал, что в первый г год коэффициент использования растениями азота, иммобилизованного спонтанной микрофлорой пяти подзолистых почв варьировал лишь в пределах 12,0-16,5 % в опыте 1969 года и от 17,0 до 24,2 % в опыте 1971 года /рис.2/.

Менее доступным для растений по сравнению с азотом минеральных удобрений оказался также азот, закрепленный в мече-

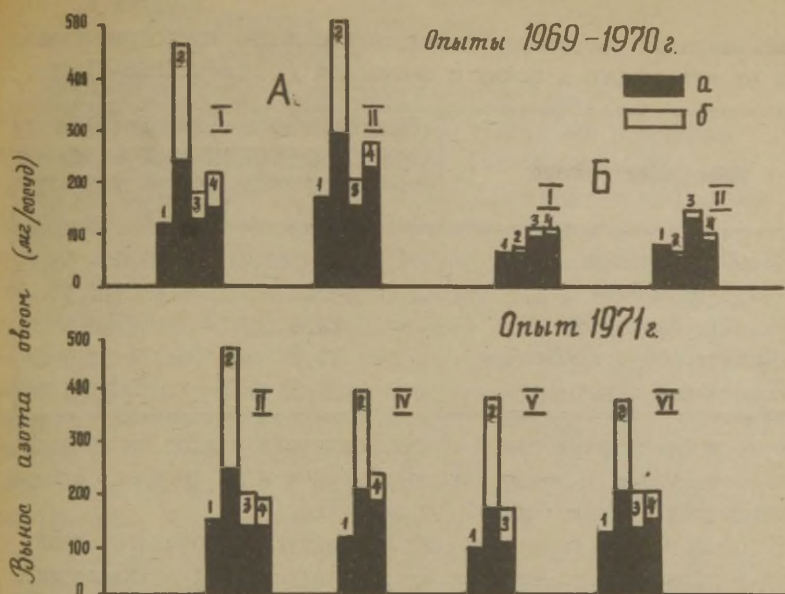


Рис. 2. Использование растениями азота удобрений, иммобилизованного спонтанной микрофлорой подзолистых почв.

а - азот почвы; б - азот удобрений.

Почвы: № I/I/, № 4/II/, № 3I/IV/, № 42/V/, № 43/VI/.

Варианты опытов: РК-I; НРК-2; НРК+целлюлоза-3; НРК+сахароза -4. А - первый год опыта; Б - второй год.

ной ^{15}N биомассе специально выращенных чистых культур микроорганизмов. Особенно выделился в этом отношении азот, поглощенный *Bac. megaterium*. Однако, коэффициент использования растениями азота, поглощенного неспоровой микрофлорой и мицелием плесневых грибов в ряде случаев достигал 39 % / табл. 3/.

Полученные данные свидетельствуют о том, что мобилизуемость азота, поглощенного микробными клетками, определяется не только их биологическими особенностями, химическим соста-

Таблица 3.

Использование растениями азота, поглощенного микроорганизмами / % от внесенного в почву с биомассой /. Опыты 1968-71 гг.

Источники азота	Разновидности подзолистых почв:	
	супесчаная, слабооккультуренная / № 1 /	легкосуглинистая, хорошо окультуренная / № 4 /
Сульфат аммония	56,4 - 61,1	56,0 - 65,4
<i>Bac. megaterium</i>	7,2	11,1
<i>Candida humicola</i>	29,9	19,5
<i>Mycobacterium lacticum</i>	34,7	27,9
<i>Trichoderma lignorum</i>	39,3	24,5

вом, но и свойствами самой почвы. Последние влияют на продолжительность жизни в почве микроорганизмов и на процессы минерализации \rightarrow иммобилизации азота их белка.

В последующие годы растения используют иммобилизованный азот в меньшей степени /рис.2/. Изучение путей активизации в подзолистых почвах процессов минерализации азота, закрепившегося в биомассе микроорганизмов и их метаболитах, является предметом дальнейших исследований.

Литература.

1. Турчин Ф.В. и др., 1960. Превращение азота в почве по данным исследований с применением изотопа 15 . Докл. сов. почвоведов к VII международному конгрессу в США. АН СССР.
2. Смирнов П.М. 1970. Превращение азотных удобрений в почве и их использование растениями. Автореф. дисс. ТСХА.
3. Тарвис Т.В., 1970. О выращивании меченой стабильным изотопом азота биомассы некоторых микроорганизмов для агрохимических исследований. Сб. "Микробиология земледелия". Л.
4. Bartholomew W.V., 1965. Mineralization and immobilization of nitrogen in the decomposition of plant and animal residues. "Soil nitrogen". USA.
5. Kuo M.H. a. W.V. Bartholomew. 1966. On the Genesis of organic nitrogen in decomposed plant residues. "The use of isotopes in soil organic matter studies". Pergamon Press.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТЕНИЕМ АЗОТА,

ПОГЛОЩЕННОГО ВОДОРОСЛЯМИ.

Е.М.Панкратова

Кировский сельскохозяйственный институт

Синезеленый азотфиксирующие водоросли представляют собой своеобразные и интересные объекты для изучения трансформации в почве азота, усвоенного микрофлорой. Их особенностью является то, что в природе Cyanophyta образуют устойчивые микробные ассоциации с массой организмов-спутников, заселяющих слезь талломов водорослей. Микроценозы, эдификаторами которых являются водоросли, характеризуются внутренними системами регуляции и самосохранения, пока еще недостаточно изученными. Таким образом, говоря о распространении почвенных Cyanophyta, о их биомассе и участии в превращении азота в почве, мы имеем в виду природные ассоциации, основу которых составляют водоросли / 1 /.

Азотфиксирующие водоросли широко распространены в самых различных почвах, образуя иногда значительную биомассу. Так, на исследованной нами дерновой слойстой супесчаной почве поймы реки Вятки /Кировская область степень покрытия почвы водорослями колебалась от 2,6 до 55,3 %, а количество водорослей измерялось миллионами клеток на 1 кв.см поверхности почвы. "Одномоментная" биомасса водорослей, образующих диффузные разрастания на поверхности почвы, была от 2 до 15 кг сухого вещества, а годовая продукция корочек *Nostoc commune* составила в разные годы от 29,3 до 40,3 кг сухого вещества на гектар.

Азот, содержащийся в органическом веществе азотфиксирующих синезеленых водорослей, складывается из элементарного азота воздуха и минерального азота почвы. Следовательно, азотфиксирующие водоросли интересны, с одной стороны, как объекты, обогащающие почву азотом,

с другой, как микроорганизмы, вызывающие иммобилизацию азота азотных удобрений.

Соотношение азота, фиксированного водорослями из воздуха и поступившего из почвы зависит от факторов внешней среды, в частности от обеспеченности почвы источниками связанного азота /2,3 /.

Количество азота, фиксированного синезелеными водорослями из атмосферы, по нашим определениям на пойменных почвах, может достигать 17,5 кг на гектар /4/.

Процессы трансформации водорослевого белка в почве изучены недостаточно. Еще меньше сведений в литературе о доступности этого азота для растений /5,6/.

Мобилизацию азота, поглощенного водорослями, мы изучали в водных культурах, в вегетационных и полевых опытах с применением водорослевой биомассы, меченой стабильным изотопом азота ^{15}N .

Обогащение клеток водорослей тяжелым азотом проводили путем их выращивания в атмосфере, содержащей ^{15}N , а также при культивировании их на средах с сернокислым аммонием, меченым стабильным изотопом азота. В последнем случае выращенную биомассу тщательно освобождали от остатков питательной среды. Обогащение азота биомассы водорослей азотом ^{15}N составляло от 6,79 до 10,1 ат.%. Содержание ^{15}N в биомассе и в растениях определяли спектрально-изотопным методом /7/. Тест-объектами служили растения салата, ячменя /лабораторные и вегетационные опыты/ и озимой ржи /полевой опыт /.

Опыты в водной культуре показали, что растения ячменя могут усваивать азот водорослей, первично попавший в экосистему из атмосферы. Однако лучше усваиваются не внеклеточные выделения жизнеспособных водорослей, а продукты их разрушения. Степень мобилизации поглощенного водорослями меченого азота атмосферы была различна в разных культурах. У *Anabaena cylindrica* штамм 21 она составила 14,4 %; у *Nostoc muscorum* штамм 44

-28,3 % и у *Anabaena cylindrica* -40,0 %.

В почве доступность растениям азота, поглощенного водорослями, определялась продолжительностью их жизни, с одной стороны, и длительностью поглощения элементов минерального питания корнями растений из почвы, с другой.

Так в вегетационном опыте с растением салата, продолжавшемся один месяц /со времени появления всходов до снятия урожая /, где приживаемость водорослей и дальнейшее их размножение были высокими, нам не удалось обнаружить метки в растениях.

Меченый азот в этом опыте был обнаружен в корочках водорослей и в почве под корочками /0,55 и 0,06 ат.% избытка ^{15}N соответственно /. Основная масса ^{15}N оставалась в водорослях, хотя произошло сильное разбавление метки, благодаря размножению водорослей и возрастанию в силу этого содержания немеченого азота в их клетках.

Постепенно водорослевая масса начала отмирать /в опыте, где были внесены водоросли, количество их клеток при снятии урожая салата было 649,1 тыс. на 1 кв. см почвы; в опыте, где изучалось последствие водорослей, мы нашли всего 28,6 тыс. клеток /. Коэффициент использования салатом азота водорослей в варианте последствия составил всего 3,5 % /при избытке ^{15}N в растениях 0,04 ат.% /. Следовательно, азот поглощенный водорослями, со временем становится так же труднодоступным для растения, как и азот гумуса почвы.

На почве сосудов в варианте, где исследовалось последствие водорослей, обильно начали развиваться мхи - *Rodhobrium*, *Funaria*, *Mnium*, в которых была обнаружена метка ^{15}N /0,09 ат.% избытка ^{15}N /. Мхи оказались организмами легче усваивавшими азот водорослей, чем растения салата. Возможные причины этого - более тесный контакт ризоидов мхов с поверхностным горизонтом

ночью, где живет основная масса водорослей, и, видимо, специфика их метаболизма. Во всяком случае, экологическая последовательность заселения субстрата / 8 / - водоросли, плесени, дрожжи, протозои, хищники и мхи, видимо, базируется на определенных трофических взаимоотношениях.

Модельные опыты, проведенные с целью определения пригодности биологически фиксированного азота другим микроорганизмам, были поставлены в двух аспектах. С одной стороны выяснялась возможность непосредственного использования внеклеточного азота выделений *Nostoc muscorum* 137 / культура, полученная в аксеническом состоянии Л.М. Пересторонниной, штамм КСХИ / нефиксирующей азот водорослью *Anacystis nidulans* / культура получена из коллекции Б.В. Громова, ЛГУ / и грибом *Fusarium* sp. Водоросли получали $^{15}\text{N}_2$ в вакуум-экстракторе, затем клетки отделяли от среды фильтрацией. Асептический фильтрат с 0,82 ат. % избытка ^{15}N во внеклеточном азоте использовали для роста других организмов. Через две недели роста в водоросли *A. nidulans* было обнаружено 0,05 ат. %, а в мицелии гриба *Fusarium* sp. - 0,06 ат. % избытка ^{15}N .

Кроме того, на альгологически чистых культурах исследовали миграцию азота от азотфиксирующих водорослей *N. muscorum* / обогащение азота клеток ^{15}N - 7,17 ат. % / к зеленым водорослям - *Chlorella terricola*, *Chlamydomonas* sp. Опыты ставили в двух вложенных друг в друга сосудах, в одном из которых в жидкой среде № 6 / 9 / росли азотфиксирующие водоросли, обогащенные ^{15}N , в другом, отделенном от первого целлофановой перегородкой, находился изучаемый тест-объект. Через месяц совместного роста в водорослях *C. terricola* было найдено 0,35, а в клетках *Chlamydomonas* sp. - 0,18 ат. % избытка ^{15}N .

Не вдаваясь в вопрос о взаимоотношениях между разными видами микроорганизмов, в конечном итоге выразившимися в интенсивности их роста на продуктах метаболизма друг друга или в совместных культурах, мы отмечаем возможность усвоения другими организмами азотистых соединений из внеклеточных выделений азотфиксирующих водорослей, а также продуктов их разложения.

Следовательно, и в почве на пути азотистых веществ, продуцируемых клетками живых водорослей, и корнями высшего растения находится много "перехватчиков": это вновь образовавшиеся клетки водорослей, гетеротрофная микрофлора, мхи, и наконец, адсорбционная способность самой почвы.

Значительно лучше снабжается растение азотом водорослей после отмирания этих организмов и их распада в процессе гниения. В полевом эксперименте меченую биомассу водорослей вносили в почву стальных цилиндров /около 40 см в диаметре, с поднятым на 8 см над поверхностью краем /, врезанных в поле без нарушения структуры почвы, на глубину пахотного горизонта. В августе одновременно с внесением водорослей, в сосуды высаживали озимую рожь. Растения убирали перед уходом под снег. В опыте зарегистрировано слабое приживание инокулята, зато отмечен факт усвоения растениями азота водорослей. Степень использования азота водорослей озимой рожью в этом опыте была 7,5 %. Еще выше была степень использования азота водорослей в вегетационном опыте с ячменем, убранном в фазу молочной спелости — 12,3 %. Так же как и в полевом опыте, в вегетационных сосудах, несмотря на благоприятные условия влажности, к моменту снятия урожая ячменя водоросли начали отмирать /количество клеток синезеленых водорослей в фазу кущения ячменя — 650 тыс., при снятии опыта — 78 тыс. на 1 кв. см почвы /. В сосудах корни рас-

тений сосредоточены в меньшем объеме почвы, чем в полевых опытах в биометрах, поэтому и контакт их с клетками водорослей значительно теснее, что увеличивает мобилизацию азота водорослей высшим растением.

Повышение содержания азота в высшем растении в вариантах, где были внесены водоросли количественно не может быть объяснено миграцией этого элемента из клеток водорослей; следовательно здесь растения более интенсивно используют азот почвы. Дополнительное использование почвенного азота особенно усиливается при разложении водорослевой биомассы.

Литература

1. Штина Э.А. 1971. В кн.: Новое в изучении биологической фиксации азота: 183-190. М.
- Панкратова Е.М. 1967. Тр. Кировского с.-х. ин-та, т. 20, вып. 40: 183-191. Киров.
3. Jahnke E. 1967. Zbl. Bakteriол. Parasitenkunde, Infektionskrankh. und Hyg. Abt. 2, 121, № 6: 636-642.
4. Панкратова Е.М., А.С. Вахрушев. 1971. Почвоведение, № 12: 64-72.
5. Mayland H.F., and T.H. McIntosh 1966. Nature 209: 421-422.
6. Панкратова Е.М., А.С. Вахрушев. 1969. Микробиология, т. 38, вып. 6: 1080-1084.
7. Жадкова Н.Т., Г.С. Лазеева, А.А. Петров, Л.И. Оболенская. 1966. Агрохимия, № 11: 130-139.
8. Громов Б.В., И.А. Авилов. 1969. Физиология растений, т. 16, вып. 6: 1088-1091.
9. Cameron E. 1970. First Internat. symposium on taxonomy and biology of blue-green algae. University of Madras: 3-4.

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ПРОЦЕССЫ ПРЕВРАЩЕНИЯ
АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ВЕЩЕСТВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ
ПОЧВЕ ПОЛЕСЬЯ УССР

И.Н.Ромейко и Р.М.Уляшова

Украинский научно-исследовательский институт
земледелия

Изучение процессов превращения азота в почве под влиянием удобрений имеет первостепенное значение для решения вопросов правильного их применения.

Нами в течение 1967-1969 гг. изучалось влияние известкования, органических и минеральных удобрений, внесенных под озимую пшеницу и кукурузу в севообороте на численность микроорганизмов и активность процессов превращения азотсодержащих веществ в почве.

Учитывалось общее количество бактерий - на пентонглю - козном агаре с почвенной вытяжкой, нитрифицирующие бактерии - на голодном выщелоченном агаре с аммонийно-магниево-й солью фосфорной кислоты, аммонифицирующие бактерии - на мясопептонном агаре, содержание нитратов в почве - методом Грандваль-Ляжу, аммиака - методом Несслера и протеазная активность - титрованием с применением хлорного железа.

Исследования проводились в стационарном опыте, заложенном Институтом земледелия на бывшей Немешаевской опытной станции на легкой по механическому составу дерново-средне-подзолистой почве, обладающей кислой реакцией среды /рН - 4,9/, низким содержанием гумуса /1,0-1,4%/, неблагоприятным водным режимом. Запас продуктивной влаги в 1968-69 гг. составлял в слое 0-20 см 22-43 мм, а в слое 0-100 см 121-202 мм.

В целом эта почва в естественном состоянии обладает очень низким плодородием. Поэтому применение удобрений, особенно азотных, на таких почвах является важнейшим агротехническим приемом, изменяющим количество микроорганизмов и направленность процессов, связанных с превращениями

азотсодержащих веществ в почве.

Исследования многих авторов /1, 2, 3 / показывают, что изменения количественного состава и жизнедеятельности почвенных микроорганизмов под воздействием извести и удобрений являются одной из основных причин эффективного действия этих агроприемов.

Внесение органических удобрений под озимую пшеницу и извести под ее предшественник /люпин/ стимулировало развитие микроорганизмов в почве /табл./.

Внесение одних минеральных удобрений несколько снижало общее количество микроорганизмов в почве, а также содержание аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий. Повышенная доза азотных удобрений - №₄₀ снизила численность микроорганизмов. В данном случае это, по-видимому, объясняется недостатком органического вещества и изменением реакции почвенного раствора вследствие внесения одних минеральных удобрений без известкования. В исследованиях В.Ф.Непомиазуева получены аналогичные данные /4/.

Многие авторы /5, 6, 7/ указывают на отсутствие или слабое развитие нитрифицирующих бактерий в подзолистых почвах и активизацию их при внесении удобрений /8/.

Нами установлено, что энергия нитрификации в дерново-подзолистой почве очень низкая. Процесс нитрификации, судя по количеству нитрифицирующих бактерий и нитрифицирующей активности почвы, активно протекала только в тех вариантах опыта, где под озимую пшеницу или под ее предшественник вносилось органическое удобрение. Наибольшая активизация процесса нитрификации наблюдалась при внесении одной нормы извести, под предшествующий люпин. Внесение энергетического материала в виде органических удобрений способствовало более интенсивному размножению микроорганизмов, усилению процессов минерализации и мобилизации азота азотсодержащих органических веществ.

Внесение одних только минеральных удобрений снижало нитрифицирующую активность почвы в сравнении с вариантом, где применялись минеральные удобрения в сочетании с орга-

Таблица

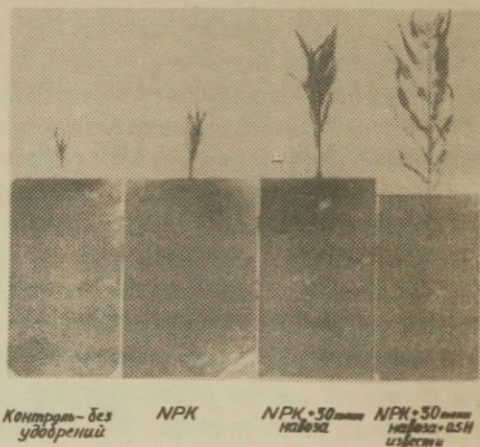
Влияние удобрений на биологическую активность
дерново-подзолистой почвы под озимой пшеницей
/Средние данные за вегетационный период/

Варианты опыта	Количество микро- организмов на 1 г абс.-сухой почвы			Аммонифи- цирующая и нитри- фицирующая активность, почвы /в мг на 100 г почвы/		Протеаза, мкг. на 10 г почвы
	общее количес- тво микро- организа- мов, млн.	аммо- нифи- циру- ющие, млн.	нитри- фици- рующие, тыс.	NH_4^+	NO_3^-	
1968 год						
Контроль /без удобрений/	1,8	1,6	837	9,5	8,1	25,5
$\text{N}_{20}\text{P}_{30}\text{K}_{50}$	1,7	1,2	823	11,6	6,4	26,8
$\text{N}_{40}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$	0,9	1,1	253	10,7	4,7	14,6
$\text{N}_{20}\text{P}_{30}\text{K}_{50} + 30 \text{ т}$ навоза	2,5	2,0	1154	16,2	18,9	45,8
$\text{N}_{20}\text{P}_{30}\text{K}_{50} + 30 \text{ т на-}$ воза/Фен-Ин известн./	4,3	2,8	1196	14,8	27,3	70,0
1969 год						
Контроль /без удобрений/	1,6	1,1	390	6,9	4,9	60,8
$\text{N}_{20}\text{P}_{30}\text{K}_{50}$	1,9	1,2	420	15,5	5,3	49,4
$\text{N}_{40}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$	1,2	0,9	309	17,2	6,5	35,8
$\text{N}_{20}\text{P}_{30}\text{K}_{50} + 30 \text{ т}$ навоза	3,9	2,6	607	18,9	12,1	76,3
$\text{N}_{20}\text{P}_{30}\text{K}_{50} + 30 \text{ т на-}$ воза/Фен-Ин известн./	9,9	4,8	760	18,8	19,7	112,6

ническими. Процесс нитрификации является заключительным этапом в превращениях азотсодержащих органических веществ почвы, в результате которого растения получают азот в легкоусвояемой форме.

Этот процесс зависит не только от деятельности нитрифицирующих бактерий, но безусловно и от активности почвенных аммонификаторов. Содержание аммонифицирующих бактерий в почве вариантов с органическими удобрениями было довольно высоким — 2,8—4,8 млн./г почвы.

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА ПРОТЕОЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ ПОД КУКУРУЗОЙ



Наряду с вышеизложенным, нами изучалась протеолитическая активность почвы. Исследования показали, что на ферментативные процессы большое активизирующее влияние оказывают органические удобрения в сочетании с минеральными и известкованием /табл./. Интересные данные были получены также при изучении протеолитической активности почвы аппликационным методом /9/. Под кукурузой на таких же вариантах опыта, как и с озимой пшеницей, при внесении органических удобрений обнаружены большие зоны распада желатиновой эмульсии на фотобумаге. Здесь же наблюдался лучший рост растений /рис./.

Из всего вышеизложенного следует, что микробиологические и биохимические процессы превращения азотсодержащих веществ под озимой пшеницей и кукурузой активнее протекали в почве с внесением органических удобрений в сочетании с минеральными и известкованием. Внесение одних минеральных удобрений снижало биологическую активность почвы. Изучение микробиологических процессов превращения азотсодержащих органических веществ в почве дает возможность характеризовать изменение плодородия дерново-подзолистой почвы в процессе ее окультуривания.

ЛИТЕРАТУРА

1. С.М.Самосова и др. Сб. "Микроорганизмы почвы и их взаимоотношения с высшими растениями". Изд-во Казанского университета, 1971. 2. Е.Ф.Березова, Е.Х.Ремпе. Труды ВНИИ с.-х. микробиологии, 1951, т.ХП. 3. Е.Н.Мишустин и Е.С.Тешпер. Известия ТСХА, 1963, вып.6. 4. В.Ф.Непомняцев. Сб. "Микробиология на службе сельского хозяйства", Москва, 1970. 5. М.П.Корсакова. Труды Института с.-х. микробиологии ВАСХНИЛ, 1930, т.1У. 6. Е.Н.Мишустин. Успехи современной биологии, 1954, т.ХХУП, вып.1. 7. Т.В.Аристовская. Микробиология подзолистых почв. Изд-во "Наука", Москва-Ленинград, 1965. 8. А.И.Чундерова, Т.П.Зубец. Микробиология, 1967, т.ХХХУ1, вып.6. 9. Е.Н.Мишустин, И.С.Востров. Сб. "Микробиологические и биохимические исследования почв". Издательство "Урожай", Киев, 1971.

**ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МИКРОФЛОРЫ
И ДОПОЛНИТЕЛЬНУЮ МОБИЛИЗАЦИЮ ПОЧВЕННОГО АЗОТА**
В.В.Сидорова

**Всесоюзный научно-исследовательский институт
Сельскохозяйственной микробиологии**

В настоящее время считается установленным факт дополнительной мобилизации почвенного азота при внесении в почву азотных удобрений /2,3/. При этом уровень мобилизационных процессов в значительной степени зависит от биологической активности самой почвы, от того, насколько интенсивно осуществляются в ней микробиологические процессы.

Выяснение непосредственной роли микрофлоры в мобилизации азота почвы и удобрения проводилось в специальных лабораторных и вегетационных опытах с использованием сульфата аммония меченого ^{15}N (обогащение 10%). Объектом исследований являлась хорошо окультуренная дерновоподзолистая почва, стерилизация которой осуществлялась на гамма-установке для биологического эксперимента ГУБЭ-1500 АФИ. Общая доза дробного облучения γ -лучами Co^{60} - 4 млн рентген. Нормы внесения фосфорно-калийных удобрений обычные: 0,10 г - K_2O ; 0,10 г - P_2O_5 на 1 кг почвы. Азотное удобрение в парующую почву лабораторного опыта вносилось из расчета 0,10 г азота, в почву вегетационного опыта под кукурузу 0,15 г азота на 1 кг почвы.

Исследования проводились в условиях стерильного вегетационного опыта с кукурузой. В основу опыта оо стерильным выращиванием культур была положена методика, предложенная Лазаревым Н.М. и Доросинским Л.М. /1/. Помимо вариантов "стерильно", "нестерильно" был предусмотрен вариант с инокуляцией стерильной почвы спонтанной микрофлорой. Было установлено, что по истечении 20-30 дней проявляются начальные признаки развития аммонифицирующих бактерий в стерильной почве. Урожай снижался в 2 срока: через 30 дней и через 60 дней со дня постановки опыта. Следует отметить, что в I-ый срок почву можно считать практически стерильной, во 2-ой срок снятия урожая

Таблица I

Использование растениями азота удобрений и почвы
в условиях стерильного опыта

Вариант опыта		Вывос азота растениями в мг/сосуд			
		Общий	Из удо- бления	Из поч- вы	"Экстра" азот
I - Возраст кукурузы - 30 дней					
Стерильно	РК	51,3	-	51,3	-
	НРК	166,4	92,3	74,1	22,8
Стерильно + спон- танная микрофлора	РК	55,5	-	55,5	-
	НРК	178,0	96,3	81,7	26,2
Нестерильно	РК	32,7	-	32,7	-
	НРК	153,6	91,9	61,7	29,0
II - Возраст кукурузы - 60 дней					
Стерильно	РК	66,6	-	66,6	-
	НРК	189,7	96,3	93,4	26,8
Стерильно + спон- танная микрофлора	РК	68,5	-	68,5	-
	НРК	179,1	78,0	101,1	32,6
Нестерильно	РК	37,0	-	37,0	-
	НРК	173,2	85,6	87,6	50,6

почва стерильного варианта отличалась пониженным содержанием микроорганизмов. В таблице I приведены данные поступления в растение азота почвы и удобрения. Нестерильная почва, а также почва, инокулированная спонтанной микрофлорой, характеризуются наибольшей величиной "экстра" азота, определенной по выносу азота с урожаем. Таким образом, существенную роль в мобилизации азота почв под влиянием азотного удобрения играют почвенные микроорганизмы.

В стерильном варианте эффект дополнительного поступления в растение почвенного азота значительно слабее. Следует отметить, что стерилизация почвы γ -лучами не снимает полностью ферментативной её активности. В таблице 2 приведены данные активности уреазы. Та же закономерность наблюдается в отношении протеолитических ферментов.

Обнаруженная ферментативная активность может способствовать поступлению почвенного азота в растение при стерильном его выращивании.

Таблица 2

Активность уреазы в почве стерильного опыта (в мг NH_4 на 1 г сухой почвы за 48 часов)

Тип удобрения	Срок взятия образца	мг NH_4 на 1 г почвы	
		Стерильно	Нестерильно
РК	30	0,66	1,82
НРК	—	0,72	1,52
РК	48	0,66	1,08
НРК	—	0,50	1,00

Для того, чтобы более четко выделить роль почвенной микрофлоры в минерализации азота почвой при внесении сульфата аммония были проведены исследования в условиях парующей почвы лабораторного опыта. В схему лабораторного опыта в дополнение к вариантам вегетационного опыта были включены варианты с инокуляцией стерильной почвы аммонифицирующими и аэробными целлюлозоразлагающими бактериями (смыс с чашек). Установлено, что стерильность сохраняется в течение 20 суток, затем появляются аммонифицирующие бактерии, нитрифицирующие бактерии не обнаружены и через 120 суток.

В таблице 3 приведены данные численности бактерий четырех физиологических групп и содержание аммиачного и нитратного азота в парующей почве лабораторного опыта на 30-ие сутки. Наибольшее количество аммонифицирующих бактерий обнаружено в варианте с инокуляцией почвы этими микроорганизмами, а также в почве с внесением аэробных целлюлозоразлагающих бактерий, развивавшихся на питательных накопительных средах в комплексе со спутниками — аммонифицирующими бактериями. Именно в этих почвенных образцах по фону $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ содержится значительное количество аммиачного азота.

В нестерильной почве, а также в почве, инокулированной всем комплексом естественной микрофлоры, снижается численность аммонифицирующих бактерий и увеличивается количество нитрифицирующих бактерий. Повышенное содержание в почве нитрифицирующих бактерий способствовало увеличению количества нитратного азота и почти полному исчезновению аммиачного его

Таблица 3

Мобилизация азота почвы в связи с жизнедеятельностью некоторых почвенных микроорганизмов

Почва	Варианты опыта	Количество бактерий тыс/г сухой почвы				Минеральный азот мг/100 г сухой почвы			
		на МПА	Споровые	Аэробные целлюлозо- разлагающие	Нитри- фици- рующие	Общее содер- жание		в т.ч. удоб- реция	"Экстра" азот
						N - NH ₄	N - NO ₃		
Стерильная		80 120	не обнаружено			7,05 12,00	1,98	6,87	0,66
	+ аммонифи- цирующие бактерии	40000 90000	2400 3000	не обнаружено		8,14 20,25	1,64 2,25	- 8,86	- 3,86
	+ аэробные целлюлозо- разлагающие бактерии	18000 30000	120 550	35 20	3,8 4,4	7,40 21,75	3,28 2,42	- 9,29	- 4,20
	+ оплывшая микрофлора	10000 15000	100 180	4 0,4	48 75	0,70 4,20	5,25 9,51	4,70	3,06
		4000 7000	300 280	2,5 0,3	9 20	- 0,75	3,65 10,80	- 5,22	- 2,68
Несте- рильная									

формы.

Использование в опыте меченого ¹⁵N удобрения позволило проследить за интенсивностью мобилизационных процессов в связи с различным микробиологическим фоном в почве. Установлено, что в стерильной парующей почве практически отсутствует дополнительная мобилизация азота почвы ("экстра" азот) при внесении сульфата аммония. Следует отметить заметную роль в дополнительной минерализации почвенного азота аммонифицирующих бактерий. В вариантах с естественным уровнем микробиологической деятельности отмеченный эффект мобилизационных процессов несколько меньше.

Все вышеизложенное свидетельствует о том, что усиление процессов дополнительной мобилизации азота при внесении азотного удобрения неразрывно связано с активацией жизнедеятельности почвенных микроорганизмов. Ведущая роль при этом принадлежит аммонифицирующим и нитрифицирующим бактериям.

Литература

1. Доросинский Л.М., Лазарев Н.М. Отчеты Всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии, 1948-1960 гг.
2. Сирота Л.Б., Русинова И.И. К вопросу мобилизации почвенного азота при внесении азотных удобрений на дерново-подзолистых почвах. Sonderdruck aus Isotopenpraxis 4 Jahrgang, 1968, S. 461-465.
3. Турчин Ф.В., Корицкая И.А., Жидких Г.Г. Превращение азотных удобрений в почве и их использование растениями. В кн.: "Плодородие и мелиорация почв СССР". М., 1964.

О ЗНАЧЕНИИ БИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ДИНАМИКЕ И БАЛАНСЕ ПОЧВЕННОГО АЗОТА

В.Тохвер, Л.Наруск
Тартуский госуниверситет

Понятие "азотный дефицит" связано с сельскохозяйственной деятельностью человека. По существу такой дефицит проявляется почти исключительно в возделываемых культурных почвах. В т.н. дикой природе, где существуют естественно сложившиеся биосистемы, в круговороте азота выявляется равновесие, которое, в зависимости от условий, устанавливается на том или другом уровне [1]. В полевых же почвах равновесие круговорота элементов устанавливаться не может, так как его компоненты ежегодно изменяются вмешательством человека. В особенности, часто в составе урожаев выносятся большие количества азота, чем вносят в виде удобрений. Встречаются и другие потери, в том числе денитрификационные, которые по нашим прежним данным в полевых почвах Эст.ССР составляют, в зависимости от типа почвы и агротехники, 10...90 % от внесенного азота. Понимание роли факторов, действующих при сложении нового уровня равновесия в возделываемых почвах, имеет поэтому большое значение. Исходя из этого, нами за 1968...1970 г.г. изучена роль биотических факторов (микробы, растительность) в балансе азота. Главнейшие результаты излагаются в настоящем сообщении.

Методика

Представляются данные по полевым (ПВ) и лабораторным (ЛВ) вегетационным опытам. ПВ-опыты были заложены в 1968 г. в ботаническом саду ТГУ в биометрах по П.Рахно [2]. Это бездонные бетонические ящики, вкопанные в грунт почти до верхнего края, изолированные от естественного грунта 20-см слоем щебня. Наши биометры (1,6 x 1,6 x 0,9 м) заполнили

50-см слоем дерново-карбонатной почвы, просеянной через 8-мм сито (сод. гумуса ~ 4 %, pH 7,2). Почву подвергали в ходе опытов систематическому разрыхлению или же, наоборот, уплотнению. Часть биометров обоих режимов держали в состоянии черного пара, вторая же часть ежегодно находилась под посевом ячменя 'Носовский 2'. В качестве удобрения в начале мая вносили на биометр 69 г NaNO_3 , 50,5 г KH_2PO_4 и 200 г крахмала.

В ЛВ-опытах использовали специальное сооружение с металлическими лизиметрами, имеющими коническое дно и кран для сбора проточной воды. Лизиметры заполняли легкой песчаной листовенной почвой. Объем почвы в каждой лизиметре 1300 см³. От конического конца лизиметра она отделена решетчатой пластиной, т.е. - почва находится в верхней цилиндрической части сосуда. Влажность почвы во всех лизиметрах регулировали ежедневным поливнием дист. водой на 60 % W_{max} , но через определенные промежутки времени (через неделю) избыточным поливнием добывались прохождения части воды в коническую часть сосуда. Из 8 сосудов 4 держали без растительности, а в 4-х выращивали салат 'Кивицеа'. В качестве удобрения после начального анализа вносили по 1 г NaNO_3 и 0,7 г KH_2PO_4 на сосуд.

За время опытов определяли динамику различных физиологических групп микробов, в частности аммонификаторов, нитрификаторов и денитрификаторов, содержание в почве различных форм азота и некоторые другие показатели. Вычисляли количества азота, выведенные урожаями и вымытые поливными водами (последние - в ЛВ-опыте).

В наст. сообщении приводим результаты опытов 1970 г.

Результаты и обсуждение

А) ЛВ-опыт

В 1970 г. ЛВ-опыт происходил в совсем нормальных внешних условиях. Осадки выпали сравнительно равномерно за время вегетации, не было отмечено необыкновенных колебаний температуры воздуха.

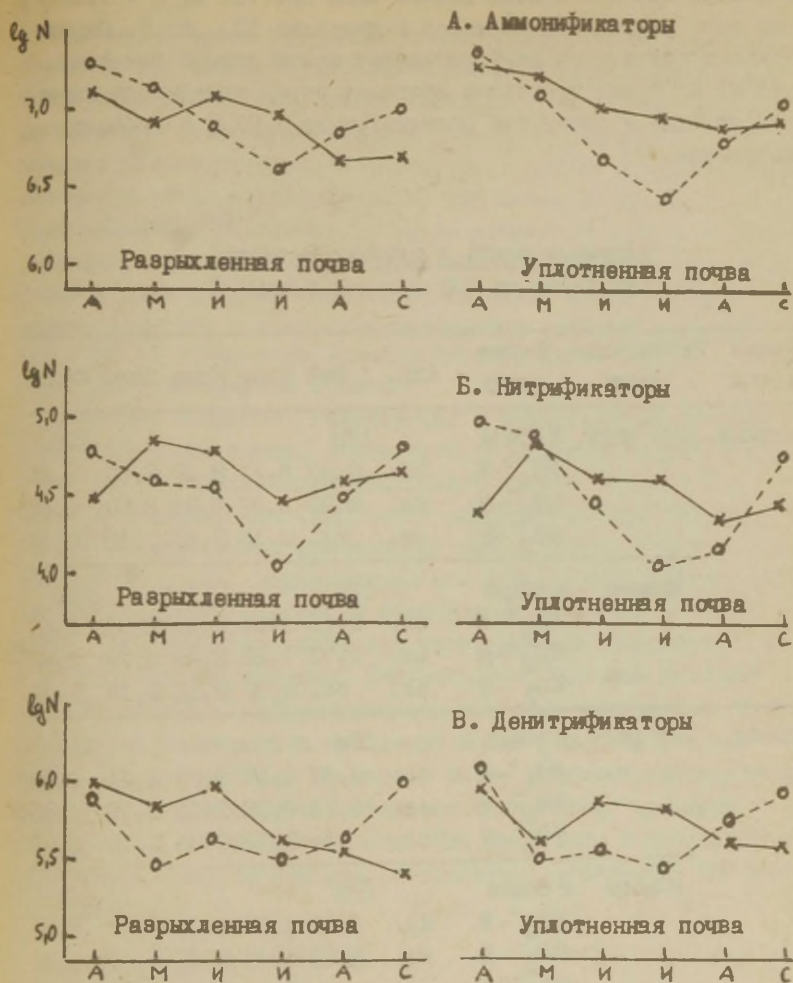


Рис.1. Динамика аммонификаторов, нитрификаторов и денитрификаторов в биометрах опыта Б-1970 (средние данные по месяцам вегетационного периода). Непрерывные линии - в биометрах без растений, прерывистые линии - в биометрах с ячменем 'Носсовский 2'

Влажность почвы в момент посева была 36...37 %, а в течение лета этот показатель держался в пределах 32...35 %. Окислительно-восстановительный потенциал почвы весной был 0,43...0,47 в, за время вегетации значение этого показателя снижилось до 0,35 в почве без растений и до 0,29 в в почве с растениями.

Таблица 1

Динамика азота в почвах ПВ-опыта
(мг азота на 100 г сухой почвы)

Режим почвы	Раститель- ность	Форма азота	Апр. ^{†)}	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.
Разрыхл.	без раст.	N общий	173					228
		$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	сл.	0,47	3,21	8,19	2,50	2,25
		$\text{NO}_3^- - \text{N}$	сл.	6,70	2,37	3,06	3,60	2,68
		$\text{NO}_2^- - \text{N}$	сл.	сл.	0,16	0,30	0,13	0,10
	ячмень	N общий	175					262
		$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	сл.	0,36	1,64	2,41	2,51	2,66
		$\text{NO}_3^- - \text{N}$	сл.	6,70	1,28	2,48	2,19	2,40
		$\text{NO}_2^- - \text{N}$	сл.	сл.	0,10	0,12	0,15	0,08
	Уплотн.	без раст.	194					217
		$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	сл.	1,67	1,77	3,09	2,41	2,03
		$\text{NO}_3^- - \text{N}$	сл.	3,54	3,02	2,55	1,73	1,35
		$\text{NO}_2^- - \text{N}$	сл.	сл.	0,18	0,10	0,18	0,07
	ячмень	N общий	183					264
		$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	сл.	1,62	4,06	1,74	2,47	2,46
		$\text{NO}_3^- - \text{N}$	сл.	3,43	1,49	0,75	1,01	1,69
		$\text{NO}_2^- - \text{N}$	сл.	сл.	0,10	0,09	0,16	0,11

^{†)} Удобрения вносили после апрельского анализа

Как видно (рис. 1), режим почвы (разрыхление, уплотнение) оказывал относительно небольшое влияние на динамику численности аммонификаторов, нитрификаторов и денитрификаторов. Значительно более существенный эффект получается от существования растительности. В частности, следует отметить снижение численности указанных групп микробов, по сравнению с вариантами без растений, во время активного роста растений (ячменя). Варианты с растениями получают перевес лишь осенью, после уборки урожая (собрали и подземные части). Видимо, во время вегетации в почве аккумулируются вещества, которые могут служить материалом для жизнедеятельности микробов после известного промежутка времени.

Динамике микробов, участвующих в трансформации главных форм почвенного азота, соответствует динамика общего азота (т.е. органического плюс аммиачного азота), нитратного ($\text{NO}_3^- - \text{N}$), аммиачного ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) и нитратного ($\text{NO}_2^- - \text{N}$) азота. На основе сопоставления приведенных данных можно полагать, что главным фактором, определяющим ход и характер жизнедеятельности азоттрансформирующей микрофлоры, является растительность. Без растительности нет почвы как уравновешенной живой естественной системы. Контрольные почвы без растений — это умирающие, деградирующие системы, которые не могут выявить закономерности почвенной жизни [3]. В связи с этим, как можно видеть по данным табл. 2, денитрификационные и другие потери из почвы являются значительно меньшими в случае наличия растительности. Что касается, в частности, денитрификации, то она под растениями, по-видимому не идет до конца.

Б. ЛВ-опыт

Для проверки вышеприведенных заключений был заложен лабораторный опыт, позволяющий точно определять не только содержание отдельных форм азота, т.е. относительные показатели, но и валовые количества этого элемента и оценить доли различных потерь, в особенности денитрификационных. Результаты ЛВ-опыта изложены в таблицах 2, 3 и 4. Положения, сделанные на основе ПВ-опыта, подтвердились полностью.

Таблица 2

Динамика численности микробов в ЛВ-опыте
(в 10^6 клеток на 1 г сухой почвы)

Группы микробов	Растения	0 +	Дни с начала опыта		
			27	56	71
Аммонификаторы	-	11	16	11	12
	+	11	9,9	7,4	8,0
Нитрификаторы	-	0,034	0,047	0,084	0,12
	+	0,034	0,042	0,023	0,045
Денитрификаторы	-	0,25	1,5	2,8	1,4
	+	0,25	0,65	0,63	0,82

+ Создание вариантов и удобрение производили после начального анализа почвы

Таблица 3

Динамика азота в почвах ЛВ-опыта
(в мг на 100 г сухой почвы)

Формы азота	Растения	0 +	Дни с начала опыта		
			27	56	71
N общий	-	251	240	193	176
	+	251	257	221	215
$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	-	сл.	3,02	5,59	5,55
	+	сл.	2,57	7,52	3,10
$\text{NO}_3^- - \text{N}$	-	1,23	6,05	6,25	3,88
	+	1,23	4,79	4,26	1,92
$\text{NO}_2^- - \text{N}$	-	0	0,175	0,173	0,084
	+	0	0,158	0,129	0,070

+ Создание вариантов и удобрение производили после начального анализа почвы

Таблица 4

Баланс азота в ЛВ-опите
(в мг на лизиметр)

Показатели	В варианте	
	без раст.	с раст.
В начале опыта (вместе с удобр.)	3184	3184
- в том кол. нитратного азота	179	179
В конце опыта	2039	2459
Выведено урожаем растений	-	296
Общий дефицит	1095	379
Вмито поливными водами	52	34
Суммарные потери денитрификацией	1043	345

Самое главное - это баланс азота. Видно, что наличие растительности сократило денитрификационные потери азота приблизительно в три раза (11 % и 33 % соответственно). В то же время, существование растительности значительно уменьшило и потери, происходящие вымыванием.

Результаты данных опытов, проведенных в совсем равномерной почве в строго контролируемых условиях, находится в согласии с нашими другими данными, приведенными в наст. сборнике (стр.237).

Заключение

На основе проведенных модельных опытов можно подтвердить общее положение, что главным фактором жизни почвы является растительность. Она существенно влияет на ход и характер динамики микрофлоры и вместе с микроорганизмами определяет направление превращений почвенного азота. Потери минерального азота от вымывания и денитрификации в почве, покрытой растениями, существенно сокращаются.

Литература

1. V.Tohver. "IX Eesti Loodusuurijate Päeva ettekanded". Tartu, 1970.
2. П.Х.Рахно. Сезонная динамика почвенных бактерий. Таллин, 1964.
3. С.Н.Виноградский. Микробиология почвы. Москва, 1952.

ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРОВ НИТРИФИКАЦИИ НА ПРЕВРАЩЕНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПОЧВЕ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

П.М.Смирнов, С.Д.Базилевич
Московская с/х академия им. К.А.Тимирязева

В настоящее время можно считать доказанным, что денитрификация является одной из причин снижения эффективности азотных удобрений. Проведенные опыты (I) по балансу минерального азота со стерильными и бактеризованными растениями кукурузы показали, что потери внесенного нитратного азота в количестве $20,34\% \pm 0,99$ наблюдаются только у растений, бактеризованных смесью денитрифицирующих бактерий. В сосудах со стерильными растениями потери азота не наблюдались ($-2\% \pm 1,5$).

Опыты, проведенные со стабильным изотопом N^{15} показали, что денитрификация наблюдается и в обычных нормально аэрируемых почвах. Потери азота в результате денитрификации из засеянных почв достигают 15–30% и более, а из почв не засеянных растениями 40–70%. Процесс денитрификации тесно связан с процессом нитрификации. В определенных условиях интенсивная нитрификация аммиачного азота удобрений (большинство азотных удобрений выпускается именно в этой форме) аммиачного азота, образующегося при минерализации органического вещества приводят к ряду нежелательных последствий. Нитраты характеризуются высокой подвижностью в почве, что приводит к миграции их по профилю почвы, к вымыванию из корнеобитаемого слоя и выщелачиванию в грунтовые воды.

Изучение и разработка путей и способов снижения потерь азота удобрений и повышения их эффективности имеет большое народнохозяйственное значение. Эта проблема привлекает все большее внимание исследователей в различных странах. Для уменьшения потерь азота из почвы, значительный интерес представляет к приемам регулирования (торможения) процессов нитрификации и денитрификации путем различных химических

средств.

В последние годы в различных странах (США, Япония и др.) интенсивно изучается использование для этих целей ингибиторов нитрификации. При внесении в небольших количествах в смеси с удобрениями (0,5-1,0%) они замедляют или на определенный срок полностью подавляют процессы нитрификации-денитрификации и резко уменьшают потери азота из почвы и удобрений в газообразной форме и за счет вымывания нитратов. В качестве ингибиторов предложено большое число различных, преимущественно органических, соединений типа цианидов, нитроанилидов, галоанилидов, галопиридинов. Среди большого количества изученных ингибиторов нитрификации ряд исследователей ставят 2-хлор-6 (трихлорметил) - пиридин на первое место. В США этот ингибитор используется в сельском хозяйстве под промышленным названием "N - serve". Prasad, 1963, отмечает, что американский препарат "N - serve" примененный на почвах рисовых плантаций повышает урожай на 4,7-6,8 ц/га, японский препарат того же класса "AM" дает прибавки 7,5-15,4 ц/га. В опытах с озимой пшеницей (Huber) "N - serve" повышает урожай на 6-6,5 ц/га.

Изучение ингибиторов нитрификации проводится на кафедре агрохимии с 1965 года. В лабораторных и вегетационных опытах были установлены наиболее эффективные дозы и способы внесения ингибиторов-циангуанидина, дибромацетанилида, хлорацетанилида, метахлорформанилида для торможения нитрификации, которые в то же время были безвредны для культурных растений. С помощью изотопа ^{15}N было изучено влияние ингибиторов на превращение в почве и потери азота удобрений, на усвоение растениями азота почвы и удобрений. В этих опытах под действием ингибиторов наблюдалось торможение нитрификации удобрений и N_2 , образующегося в почве. В первые 20 дней в вариантах с ингибиторами как немеченого и, особенно, меченого аммиачного азота в почве содержалось намного больше, а нитратного в 1,5 - 2 раза меньше, чем в соответствующих вариантах без ингибиторов. Потери азота удобрений под

влиянием ингибиторов снизились в два раза, с 23-25% до 12-14%. Особенно сильное снижение потерь наблюдалось в первые 20 дней. Без ингибитора потери азота удобрений через три недели составляют 21-22%, а при внесении удобрений с ингибиторами они составляют только 6-9%. Одновременно, при внесении азотных удобрений с ингибитором возрастает закрепление азота в органической форме, поэтому коэффициенты использования растениями азота удобрений в условиях вегетационного опыта не увеличивались. В микрополевом опыте, проведенном в учхозе "4дубки" изучалось действие циангуанидина при совместном внесении с разными дозами $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Циангуанидин вносили в количестве 3% от веса наименьшей дозы удобрения. Опыт проводили в полиэтиленовых сосудах без дна, вмещающих 33 кг почвы, площадью 0,1 м². В сосудах выращивали овес.

Табл. I

Влияние ингибитора на баланс азота в микрополевом опыте с овсом (1969 г.)
(% от внесенного)

Дозы удобр. рек. по формуле РК	Показатели	Дни от начала опыта		
		15	35	100
РК №45	использовано растениями	10	26	23
	осталось в почве:	11	31	33
	в минерал. форме	25	2	нет
		56	3	1
	в органич. форме	51	28	27
		32	35	31
	потери	14	44	50
РК №90		1	31	35
	использовано растениями	7	32	29
	осталось в почве:	4	37	34
	в минеральной форме	47	3	нет
		62	4	1

в органической форме	<u>28</u> 24	<u>30</u> 37	<u>24</u> 28
потери	<u>18</u> 10	<u>35</u> 22	<u>47</u> 37

Примечание: числа в числителе — без циангуанидина
в знаменателе — с циангуанидином

Циангуанидин тормозил процесс нитрификации внесенного N H_4 удобрений и NH_4 образующегося из органического вещества почвы. В табл. I приводятся данные о влиянии ингибитора на баланс азота в микрополеводном опыте. В условиях этого опыта применение ингибитора несколько повысило коэффициент использования азота внесенных удобрений с 23–29 до 33–34%. Потери азота удобрений под влиянием ингибиторов к концу вегетации снизились с 50 до 35, и с 47 до 37%. Особенно сильное снижение потерь наблюдалось в начале вегетации (14–1% на дозе азота 45 ц/га, и 18 и 10% на второй дозе). Ингибитор способствовал, наряду с закреплением внесенного азота удобрения в органическую форму, минерализации находящегося в почве органического вещества, и препятствовал миграции азота из корнеобитаемого слоя почвы. В результате чего ингибитор оказал положительное действие на урожай овса.

Механизм действия ингибиторов на нитрифицирующую микрофлору еще не установлен. Пока можно говорить только о специфичности действия этих веществ на основании того, что при внесении ингибиторов подавляется процесс нитрификации, и аммонификация продолжает идти интенсивно. Нитрифицирующие бактерии удается обнаружить только через два месяца после начала опыта, т.е. после разложения ингибитора. Проведенные полевые опыты показали высокую эффективность ингибиторов нитрификации при внесении их с азотными удобрениями в дозе 45–90 кг/га (табл. 2).

Табл. 2

Влияние ингибиторов нитрификации на
эффективность азотных удобрений (ц/га)

Место про- ведения опыта, год культура	Варианты опыта							
	Урожай ц/га				Прибавка: от азота от ингибитора			
	РК	РК № 45	РК № 90	РК № 180	РК	РК № 45	РК № 90	РК № 180
Московск. обл.уч. Дубки 1969 г. Овес	14,5	24,4	39,6	53,6	-	10,9	25,1	39,1
	14,9	32,0	43,2	54,8	0,4	6,6	3,6	1,2
Смоленская обл.о-з Ни- китский 1970 г. ячмень	25,4	32,5	37,9	37,6	-	7,1	12,5	12,2
	28,6	39,5	41,7	38,4	3,2	7,0	3,8	0,7
Смоленская обл.о-з Ни- китский 1970 г. ячмень	20,9	-	26,2	31,9	-	-	5,3	11,0
	23,9	-	29,1	-	3,0	-	2,9	-
Московская обл.к-з Лешинский луч 1971г. ячмень	25,3	30,8	36,7	38,3	-	5,5	11,4	13,0
	-	36,9	40,5	39,0	-	6,1	3,8	0,7
Краснодар- ский край ВНИИРиса 1971 г. рис	34,9	42,1	43,0	50,6	-	7,2	8,1	15,7
	38,9	46,0	45,1	50,1	-	4,1	2,1	-

Примечание: дозы азота под рис 60, 120, 180 кг/га;
в числителе -урожай без ингибитора;
в знаменателе - с ингибитером.

Прибавка урожая от азотных удобрений в дозе 45 кг/га азота увеличилась при добавлении ингибитора в 1,5 - 2 раза, при внесении более высокой дозы азотных удобрений (90 кг/га №) - на 30-50%.

ПРИМЕНЕНИИ ¹⁵ В ИЗУЧЕНИИ ПРОЦЕССА НИТРИФИКАЦИИ НА ПОЧВАХ ИЗБЫТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ

Н.А. Иванова

Всесоюзный институт сельскохозяйственной
микробиологии

Избыточное увлажнение почвы оказывает многообразное действие на все почвенные процессы, в частности, на нитрификацию. Применение аммиачного удобрения, меченого стабильным тяжелым изотопом азота позволило изучить трансформацию его в нитратный и органический азот на подзолисто-глеевых почвах временного избыточного увлажнения.

Объектом исследования выбрана недренированная умеренно кислая тяжело-глинистая почва Новгородской опытной станции (рН солевое 5,20; гумуса 4.00%; гидролитическая кислотность 6,52 мг-экв; степень насыщенности почвы основаниями 67.9%; легкогидролизуемого азота 6.18 мг на 100 г сухой почвы). Опыт поставлен в 1970 г. в вегетационных сосудах без растений. Доза аммиачного удобрения — 12.8 мг азота на 100 г сухой почвы, емкость сосуда 4.68 кг сухой почвы, обогащение сульфата аммония стабильным изотопом азота 35 атомных процентов. В опыте осуществляли искусственное моделирование избыточного увлажнения продолжительностью 12 дней (ЮУІ-22УІ) путем насыщения почвы водой из склянок, стоящих рядом с сосудами через трубку, впаянную в дно сосуда. Контролем служила подзолисто-глеевая почва с нормальным режимом увлажнения и воздухообмена (влажность 60-70% от полной влагоемкости). Схема опыта представлена в таблице I.

Факт ослабления нитрификации при избыточном увлажнении почвы и недостатке кислорода обычно устанавливался (1,2) по накоплению аммиачного азота и снижению нитратонакопления. Применение меченого аммиачного удобрения позволило проследить за судьбой азота удобрения и азота почвы в отдельности и выяснить скорость нитрификации. Из

изотопного состава нитратного азота (табл. I) следует, что за 25 дней нитрифицируется 55,8% внесенного аммиачного азота, на этом нитрификация почти заканчивается, так как с 23.УІ по 5.УІІ в нитратную форму перешло 5,6% аммиачного азота.

Таблица I
Влияние избыточного увлажнения на нитрификацию
(азотное удобрение внесено 3I.У)

Формы азота	Увлажнение в % от полной влагоемкости	Вариант	мг N ¹⁵ на 100 г сухой почвы		
			23.УІ	5.УІІ	II.IX
Азот удобрений	Нормальное -60%	НРК	6.18	6,86	2.75
	Избыточное -100% в период 10.УІ - 23.УІ	НРК	3.18	4.72	2.89
Азот почвы	Нормальное - 60%	РК	1.69	2.09	1.88
		НРК	4.64	4.64	4.88
	Избыточное -100% в период 10.УІ - 23.УІ	РК	1.00	4.98	1.75
		НРК	1.77	4.03	4.38

В условиях избыточного увлажнения темп нитратонакопления ослабевает, а восстанавливается довольно медленно и то не полностью, так как к 5.УІІ после временного переувлажнения нитрифицировалось 36,9% аммиачного азота, в то время как в контроле 53,8%.

При изучении нитрификации с помощью изотопного анализа были получены своеобразные данные по мобилизации почвенного азота (табл. I). "Экстра" - азот появляется примерно через три недели после внесения удобрения и при нормальном увлажнении является постоянной величиной (23.УІ - 2,95 мг; 5.УІІ - 2,55 мг; II.IX - 2,95 мг на 100 г сухой почвы). В результате нарушения водно-воздушного режима величина "экстра" - азота снижается почти в четыре раза (23.УІ 0,77 мг) и длительное время не восстанавливается.

Микробиологические исследования показали, что в результате временного анаэробнозиса нитрифицирующие бактерии находятся в неактивном состоянии, поэтому нитрификация в значительной степени подавлена. Активность определяли по количеству продуцируемого нитратного азота на чашках Петри после инкубации бактерий. Оказалось, что после 25-дневного затопления почвы нитрифицирующие бактерии нацело теряют способность использовать химическую энергию минеральных солей и переводить аммиачный азот в нитратный. Численность нитрифицирующих бактерий в этих условиях снизилась лишь в 2 раза (100 тыс. на 1 г сухой почвы по сравнению с 196 тыс. в контроле). Снижение активности микрофлоры в анаэробных условиях связано, по-видимому, с накоплением продуктов, снижающих окислительно-восстановительный потенциал. Появление большого количества закисного железа (23 мг на 100 г почвы по сравнению с 0,8 мг в контроле) в условиях неблагоприятного водно-воздушного режима и других токсинов отрицательно сказывается на развитии микроорганизмов.

Анализ гидролизующих форм азота показал, что избыточное увлажнение тормозит не только нитрификацию аммиачного азота удобрения, но и включение его в органические соединения почвы (табл.2). Так, внедрение азота в легкогидролизующие фракции в 4 раза слабее, чем в контроле (0,91 мг по сравнению с 3,63 мг 23.VI). Процесс включения азота удобрения в эту фракцию при нормальных условиях увлажнения довольно быстрый, так как за три недели эта фракция обновилась на 1/4 часть. За это же время в негидролизующую фракцию перешло 1/6 часть внесенного азота; в условиях переувлажнения обновление фракции идет медленнее.

Нарушение трансформации азота в почве приводит к ослаблению использования растениями азота почвы и удобрения (табл.3). Отрицательное влияние избыточного увлажнения на поступление азота сохраняется и после перехода к нормальному водно-воздушному режиму, в результате чего усвоилось

азота из удобрения в 3 раза и азота почвы в 2 раза меньше, чем при нормальном увлажнении.

Таблица 2

Действие избыточного увлажнения на состав азота, входящего в различные фракции.

Опыт 1970 г в парующих сосудах

Внесено 12,8 мг азота на 100 г почвы

Увлажнение в % от пол- ной влаго- емкости	Дата анали- за	мг на 100 г сухой почвы					
		азот удобрений			азот почвы		
		минераль- ный	легко- гидро- лизую- мый	негид- роли- зую- мый	минераль- ный	легко- гид- роли- зую- мый	негид- роли- зую- мый
Нормальное 60%	23.VI	6,68	3,63	2.20	6.46	9.01	70.6
	5.VII	7.09	3.72	1.30	6.24	7.30	71.4
Избыточное 100% в пе- риод 10.VI- -22.VI с пос- ледующим ув- лажнением 60%	23.VI	4.81	0.91	0.60	4.37	8.61	78.1
	5.VII	5.32	2.77	0.50	9.53	9.41	73.3

Объясняется это тем, что недостаток азота в начальные периоды роста растений не может быть возмещен самыми лучшими условиями азотного питания в последующем. Существенное значение имеет также остаточное действие процессов, связанных с переувлажнением, среди которых наиболее важным является накопление токсических продуктов.

Таблица 3
Поступление азота из почвы и удобрения при
различных режимах увлажнения
Вегетационный опыт 1970 г

Увлажнение в % от полной влагоемкости	Источник азота пос- тупившего в расте- ние	мг азота на сосуд		
		куще- ние	трубно- вание	полная спелость
Нормальное - 60%	Удобрение	137	185	172
Избыточное -100% в кущение		31	87	58
Нормальное - 60%	почва	75	132	277
Избыточное -100% в кущение		25	82	148

ЛИТЕРАТУРА

1. Гречин И.П. Влияние избыточного увлажнения почвы на ее плодородие. Сельское хозяйство Северо-Западной зоны, 1960, № II.
2. Берестяк Н.П. Влияние переувлажнения и биологической активности дерново-подзолистых почв на использование растениями азота и фосфора. Автореферат, 1969.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТРАНСФОРМАЦИИ АЗОТИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ КГА УКРАИНЫ

Е.И.Андреев, А.Н.Дульгерев, Г.А.Путинская

Институт микробиологии и вирусологии
им.акад.Д.К.Заболотного АН УССР

В условиях орошения и почвах интенсивно идут процессы трансформации азотистых соединений. Важным звеном в превращении органических и минеральных форм азота являются процессы аммонификации, нитрификации и денитрификации. В связи с этим представляло несомненный интерес изучение динамики количества аммонифицирующих, нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий в этих почвах.

Так как нитрифицирующая способность почвы является одним из основных показателей микробиологических процессов превращения азотистых веществ, то представляло определенный интерес изучение нитрифицирующей способности и динамики нитратного азота в орошаемой почве.

Микробиологические исследования проводились на протяжении 8 лет в комплексе с Украинским научно-исследовательским институтом орошаемого земледелия.

Исследовались темно-каштановые почвы под кукурузой, сахарной свеклой и озимой пшеницей при различных режимах орошения — 50, 70 и 80% ППВ /предельная полевая влагемкость/.

В данной работе приведены материалы при орошении 70% ППВ. За вегетационный период проводили 3-5 поливов с общим расходом воды 2800-3000 м³/га. Образцы почвы междурядий отбирались за 3-5 дней перед и после поливов.

Микробиологические анализы проводились по методикам, принятым в почвенной микробиологии.

Проведенные исследования показали, что орошение благоприятствует развитию аммонифицирующих, нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий. Количество этих микроорганизмов увеличивается как в пахотном, так и в подпахотном горизонтах.

**Динамика количества бактерий, принимающих участие
в превращении азотистых веществ почвы**

Варианты опыта	Глубина от- бора образ- цов почвы /в см/	Перед поездом			Перед I поливом			После I полива			Перед уберккой			
		+	+	+										
		A	H	D	A	H	D	A	H	D	A	H	D	
к у к у р у з а														
Контроль	5-25	10 ⁶	10 ⁵	10 ³	10 ⁴	10 ³	10 ⁴	10 ⁴	10 ⁴	10 ³	10 ⁴	10 ²	10 ³	
	30-40	10 ³	10 ³	10 ²	10 ²	10 ²	10 ³	10 ³	10 ²	10 ²	10 ²	10 ²	10 ²	
Орошаемый участок. 70% ППВ	5-25	10 ⁶	10 ⁴	10 ³	10 ⁵	10 ³	10 ⁴	10 ⁷	10 ⁶	10 ⁴	10 ⁶	10 ³	10 ³	
	30-40	10 ⁴	10 ³	10 ²	10 ²	10 ²	10 ³	10 ⁵	10 ³	10 ⁴	10 ⁴	10 ²	10 ²	
с а х а р н а я														

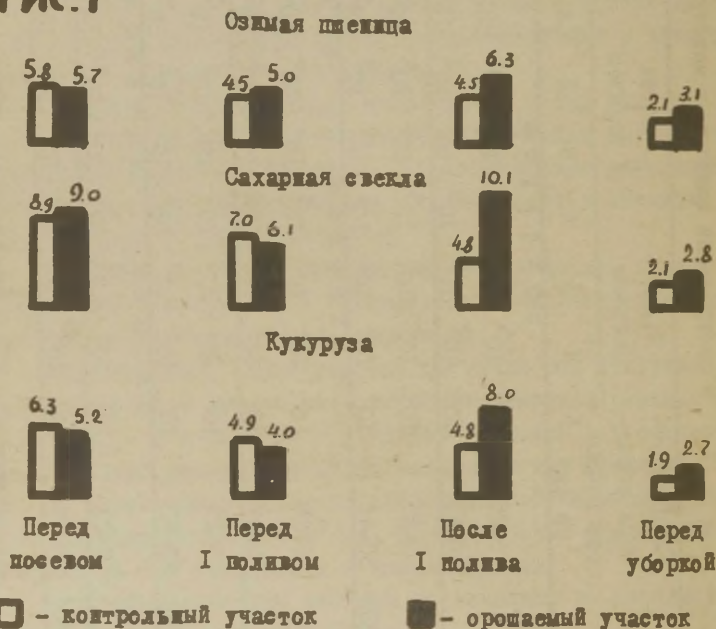
Примечание: A⁺ — аммонификаторы; H⁺ — нитрификаторы; D⁺ — денитрификаторы.

Перед уборкой урожая количество их на орошаемых участках уменьшается и не превышает численности этих микроорганизмов в контрольной почве /табл. I/.

Проведенные нами опыты /рис. I/ показали, что орошение при 70% ППВ значительно повысило нитрифицирующую способность почвы во все сроки полива. Причем, нитрифицирующая способность почвы под кукурузой и сахарной свеклой после полива значительно превышает таковую под озимой пшеницей.

Нитрифицирующая способность почвы в условиях орошения /в мг NO_3 на 100г почвы/

Рис. 1



Из приведенных данных также видно, что нитрифицирующая способность в пахотном горизонте возрастает после поливов и остается довольно высокой до конца вегетационного периода.

Перед уборкой нитрифицирующая способность снижается по

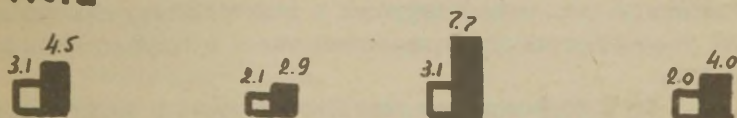
сравнению с поливным периодом, но превышает таковую в контро-
ле.

Следовательно, при орошении почвы происходит не только
увеличение количества нитрифицирующих бактерий, но и увеличива-
ется интенсивность процесса нитрификации, что способствует на-
коплению нитратов в почве.

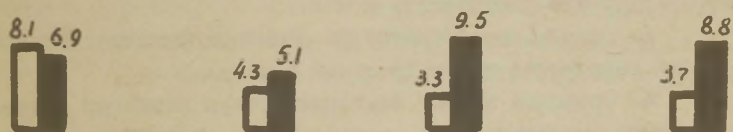
Динамика нитратов в почве в условиях оро-
шения /в мг NO_3 на кг почвы/

Рис.2

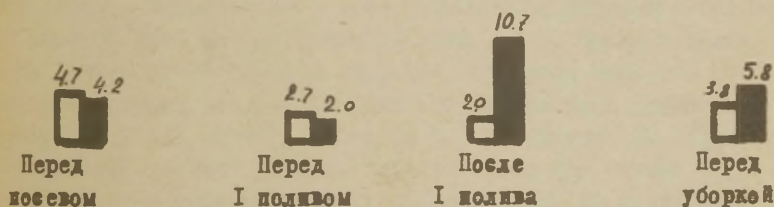
Озимая пшеница



Сахарная свекла



Кукуруза



□ — контрольный участок

■ — орошаемый участок

Несомненный интерес представляло изучение динамики нитра-
тов в орошаемой и неорошаемой почве. Установлено, что в пред-
посевной период количество нитратов в почве довольно высокое,
затем перед первым поливом оно уменьшается и только после по-
лива значительно увеличивается /рис.2/.

Повышение интенсивности микробиологических процессов в условиях орошения положительно оказывается на урожайности кукурузы, сахарной свеклы и озимой пшеницы. Так, урожай кукурузы в зерне на контрольных участках составлял 22,5 ц/га, а на поливе - 78 ц/га, сахарной свеклы соответственно 186 ц/га и 597 ц/га, а на озимой пшенице 17 ц/га и 60 ц/га, т.е. прибавка урожая на поливных участках составляла: кукурузы - 246 %, сахарной свеклы - 220 %, озимой пшеницы - 255 %.

В ы в о д ы

1. При орошении темно-каштановых почв количество аммонифицирующих, нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий увеличивается как в пахотном, так и в подпахотном горизонтах.

2. Нитрифицирующая способность почвы в значительной степени зависит от влажности. Поливы при 70 % ППВ повышает нитрифицирующую способность почвы.

3. Содержание нитратов на поливных участках превышает их количество на контрольных участках.

4. Орошение почвы, благоприятствуя развитию микроорганизмов, участвующих в трансформации азотистых веществ, способствует повышению урожая сельскохозяйственных культур.

О ПЕРЕМЕЩЕНИИ НИТРАТНОГО АЗОТА В ТОРФЯНО-БОЛОТНОЙ ПОЧВЕ В СВЯЗИ С РАЗВИТИЕМ ДЕНИТРИФИКАТОРОВ

В. Токвер
Тартуский госуниверситет

С 1954 по 1959 г. нами изучались закономерности перемещения азота и развития микрофлоры в условиях крупномасштабного модельного опыта на торфяно-болотной почве. Выбор почвы был решен возможностью построения систем достаточно точной регуляции аэрируемости и влажности почвы, т.е. для регуляции наиболее важных абиотических факторов при изучении денитрификации. Кроме того, в болотной почве легко возможна оценка размер вымывания нитратов при различных значениях упомянутых показателей среды.

В настоящем сообщении излагаем некоторые результаты проведенного опыта, касающиеся количественного развития нитрификаторов и денитрификаторов, в зависимости от аэробности и влажности почвы, вымывания нитратного азота, по данным их содержания в дренажных водах, и урожаев растительных культур.

Методика

Исследования проводили на полях опыта регулирования водного режима, заложенного в 1948...1950 г. И.Эйзенем в болотной опытной базе Вягева-Тоома АН ЭССР / 1 /. Почва в полях опыта тростниково-осоковая торфяная низинного типа, со степенью разложения 30...40 %. Опыт состоял из трех полей размерами 330 x 100 м, т.е. площадью 3,3 га каждое. На полях регулировали глубину стояния грунтовых вод при помощи осушительных и оросительных дренажей, расположенных на различных глубинах, на десяти различных уровнях от поверхности почвы (от 30 до 120 см). Между учетными делянками (размеры 20 x 100 м) имелись защитные переходные полосы. Из-за действия такой системы уровень стояния грунтовых вод держался почти стабильным, независимо от метеорологических условий. Пределы колебания данного показателя, а также зависящих от него показателей аэробности и влажности почвы на выбранных делянках

за годы проведения анализов, показаны в табл.1.

На анализируемых землях определенные участки ежегодно оставили без растительности, на остальных же частях выращивали в различные годы рожь, ячмень, подсолнечник, картофель и кормовые травы.

Минеральные удобрения вносили ежегодно в расчете P_2O_5 - 60 кг/га и K_2O - 120 кг/га. Через каждые три года вносили $CuSO_4$ 30 кг/га. Азотных, тем более органических удобрений не применяли.

Микробиологические анализы, лежащие в основе настоящего сообщения, а также определение нитратного азота в почве и в дренажных водах, проводили по обычной, общепринятой в почвенной микробиологии методике (денитрификаторы на среде Гильтея, нитрификаторы на среде Виноградского, нитраты по Грандвалю).

Результаты и обсуждение

Результаты опытов, касающиеся тематики настоящего сообщения, изложены в таблицах 2...6.

Динамика нитратов в почвах отдельных вариантов (деленок) зависит как от водно-воздушного режима почвы, так и от наличия или отсутствия растительности. Более высокая аэробность и оптимальная влажность в пределах 54...58 % W_{max} способствует накоплению нитратного азота. На участках под растительными культурами содержание нитратов, повидимому из-за поглощения растениями, во всех случаях меньше, чем на участках без растительности. Потери азота от вымывания нитратов являются соответственно большими на безрастительных участках. Чрезмерная увлажненность на деленках 18 и 15 способствует увеличению таких потерь.

Денитрифицирующие бактерии развиваются при высоких значениях аэробности и умеренной влажности торфяной почвы. Значительно лучше, нежели в почве с пониженной аэробностью и повышенной влажностью. Как видно по данным табл. 5, почвы, упомянутые первыми отличаются и более высокой урожайностью.

Т а б л и ц а 1

Средние значения показателей среды
в пахотном слое опытных делянок

№ делянки	Уровень стояния грунтовых вод, см	Аэробность (заполненность почвенных пор воздухом), %	Влажность % от максимального содержания воды	pH	σ_{H_2}
2	90...95	37...45	54...58	6,2	31
9	79...80	29...34	60...65	6,2	26
15	52...59	17...19	65...74	6,1	20
18	38...38	9...15	81...90	6,1	11

Т а б л и ц а 2

Нитраты (NO_3^-) в почвах и дренажных водах опытных делянок

(многолетние средние данные)

№ делянки	Месяцы	Содержание NO_3^- в почве (мг/100 г)		Содержание NO_3^- в дренажных водах (мг/л)	
		под полевыми культурами	без растений	под полевыми культурами	из-под почвы без растений
2	Июнь	4...20	23...40	2,2...3,0	3,1...4,4
	Июль	8...16	42...70		
	Август	10...22	26...50	2,8...3,4	3,9...4,4
9	Июнь	3...17	12...30	3,3...3,9	5,0...6,0
	Июль	3...14	16...40		
	Август	7...21	25...42	3,5...4,2	5,2...5,9
15	Июнь	2...11	0...24	5,0...5,3	8,1...9,0
	Июль	3...14	21...28		
	Август	5...19	20...30	5,0...6,1	8,3...9,2
18	Июнь	0...7	1...11	8,2...9,0	14...16
	Июль	2...12	18...20		
	Август	4...12	20...24	8,1...8,4	12...15

Т а б л и ц а 3

Численность денитрификаторов в пахотном слое
опытных делянок за летние месяцы
(Многолетние средние данные, в 10^3 клеток на
1 г сухой почвы)

№ делянки	Горизонт почвы, см	М е с я ц ы , д е к а д ы								
		И ю н ь	И ю л ь	А в г у с т	И ю н ь	И ю л ь	А в г у с т	И ю н ь	И ю л ь	А в г у с т
2	0...10	140	190	310	250	47	36	179	110	
	20...30	100	180	250	170	70	35	128	150	
9	0...10	130	210	305	280	86	38	175	130	
	20...30	100	190	230	170	92	32	120	120	
15	0...10	86	140	140	39	43	18	120	63	
	20...30	53	140	62	35	24	14	20	23	
18	0...10	50	79	43	13	13	6	14	17	
	20...30	33	34	12	5	3	2	6	3	

Т а б л и ц а 4

Численность нитрификаторов в пахотном слое
опытных делянок за летние месяцы
(Многолетние средние данные, в 10^3 клеток
на 1 г сухой почвы)

№ делянки	Горизонт почвы, см	М е с я ц ы , д е к а д ы								
		И ю н ь	И ю л ь	А в г у с т	И ю н ь	И ю л ь	А в г у с т	И ю н ь	И ю л ь	А в г у с т
2	0...10	23	24	17	48	42	21	26	8	
	20...30	24	22	28	58	70	30	50	40	
9	0...10	17	23	24	43	50	35	37	27	
	20...30	8	12	17	38	57	20	38	38	
15	0...10	14	13	25	22	28	10	20	14	
	20...30	0	5	12	15	21	15	23	21	
18	0...10	0	10	18	12	15	4	10	3	
	20...30	0	0	0	7	5	0	2	0	

Т а б л и ц а 5

Урожаи из опытных делянок, ц/га

(Данные различных годов)

№ делянки	Ячмень зерно	Ячмень солома	Кар- тофель	Сено	Подсол- нечник	Рожь
2	39	70	193	57	753	20
9	35	61	177	50	692	17
15	33	45	153	36	341	11
18	15	22	90	14	-	0

Т а б л и ц а 6

Денитрифицирующая активность подопытных почв

(Средние данные трех лет на один сосуд,
продолжительность инкубации 72 часа)

Происхождение почвы	Почва делянки № 2 влажность 60% w_{max}				Почва делянки № 18 влажность 85% w_{max}			
	ΣN	$NO_3^- - N$	$NO_2^- - N$	$NH_4^+ - N$	ΣN	$NO_3^- - N$	$NO_2^- - N$	$NH_4^+ - N$
Сод. до опыта, мг	1495	72,1	0	3,8	1396	69,8	0	3,2
Сод. после опы- та, мг	1471	3,0	2,0	0	1346	2,3	0,7	0
Разница, мг	-24	-69,1	+2,0	-3,8	-50	-67,5	+0,7	-3,2
Убыли от денитрификации, % от использ. нитратного азота					35,8	74,7		
Превращено азота в органи- ческую форму, % от мине- рального азота					60,6	27,4		

С уверенностью можно утвердить, что более активное развитие денитрификаторов не обязательно приводит к ухудшению условий питания растений. Наоборот, можно предполагать, что денитрификаторы принадлежат к ряду факторов, препятствующих вымыванию минерального азота в виде нитратов. Как показано нами в более ранних сообщениях [2,3], при высокой степени аэрации почвы показатели жизнедеятельности денитрификаторов (рост, размножение, активность использования питательных веществ) значительно выше, чем в условиях пониженной аэрации. Нельзя согласиться с взглядами, по которым денитрификаторы будто-бы предпочитают переувлажнение и анаэробные условия. В действительности же численность денитрифицирующей микрофлоры, ее разнообразие и показатели жизнедеятельности повышаются скачкообразно при достижении значений аэрации выше 30 %, что отвечает значениям $гН_2$ 25...26.

Заслуживают внимание данные о денитрифицирующей активности изученных почв (табл.6). Сравнивали между собой почвы интенсивного и экстенсивного осушения (деланки № 2 и № 18) при соответствующих значениях влажности (почвы обогащали питательными солями Гильтея и инкубировали в течение 72 ч. при температуре + 27,5°C). Несмотря на равное или даже более активное общее использование нитратов при оптимальных значениях аэробности и влажности по сравнению с переувлажненной почвой, при этих условиях уменьшаются потери азота посредством денитрификации и повышается использование минерального азота в синтетических целях. Следовательно, настоящие потери азота значительно (более, чем в 2 раза) уменьшаются, несмотря на то, что развитие денитрификаторов в таких условиях происходит существенно энергичнее.

При сравнении процесса денитрификации с процессом нитрификации выявлена положительная коррелятивная связь ($r = r = 0,78$, при $n' = 17$) между вызывающими эти процессы бактериями в отношении их распространенности и уровня жизнедеятельности. Привлекает внимание, при этом, факт некоторой противоположности хода их динамик. Денитрификаторы начинают энергичное размножение в начале июня, после окончательного растаяния торфяной почвы, и достигают максимальных титров

к концу этого месяца. У нитрификаторов же максимальные числа встречаются в июле, когда денитрификаторы уже являются в минимуме. Получается впечатление, что нитрификаторы якобы следуют денитрификаторам после приготовления им места. Возможно, что в этом они в действительности взаимно не связаны, а отмеченный эффект является лишь выражением воздействия третьих факторов. В литературе же встречаются некоторые данные, позволяющие прямо связывать жизнедеятельность данных физиологических групп микроорганизмов [4].

Заключение

Способ и интенсивность воздействия на почву человеком могут изменить жизнедеятельность и свойства популяции денитрификаторов. Осушение и улучшенная аэрация торфяной почвы приводят к усилению способности к размножению денитрификаторов. Вместе с тем, денитрифицирующая активность почвы снижается и потери от вымывания нитратов снижаются, так как усиливается связывание азота в живом веществе бактерий. Усиленное развитие денитрификаторов не мешает получению высоких урожаев растений.

Литература

- [1] I.Eisen, Eesti NSV TA Toimetised, 1954, 3, 2, 251. - [2] V.Tohver, Tartu Riikliku Ülikooli Toimetised, 1958, 55, 88. - [3] В.Тохвер, в сб. "Микроорганизмы в сельском хозяйстве". Тезисы докл. межевзовской конф. М., 1968, 27. - [4] H.de Barjac, Ann. Inst. Pasteur, 1954, 87, 4, 440.

ВЛИЯНИЕ ДОЖДЕВАНИЯ НА ПРОЦЕССЫ АММОНИФИКАЦИИ, НИТРИФИКАЦИИ И ДЕНИТРИФИКАЦИИ В ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ПОЧВАХ

Ф.П.Вавуло, Е.Н.Воробьева, Н.Н.Плоткина
Белорусский НИИ почвоведения и агро-
химии

Торфяно-болотные почвы низинного типа БССР богаты азотом, который в основном содержится в органическом веществе и недоступен растениям. В целинных почвах подвижные формы азота представлены главным образом в виде аммонийных соединений, что, очевидно, связано с водно-воздушным и тепловым режимами. Однако, только один фактор — удаление избытка воды из болотного массива активизирует протекающие в почве процессы нитрификации, в результате чего аммонийные формы азота интенсивно окисляются в нитратные соединения. При освоении осушенных земель нитраты могут накапливаться в значительных количествах, которые полностью растениями не используются. Нередко избыток подвижных форм азота отрицательно влияет на формирование урожая зерновых культур.

Задачей земледелия на осушенных торфяно-болотных почвах низинного типа является рациональное использование органического вещества их с целью получения максимальных урожаев.

Мощными факторами регулирующими процессы, связанные с мобилизацией подвижных форм азота в торфяно-болотных почвах низинного типа, являются влажность почвы, минеральные удобрения и сельскохозяйственные культуры.

В торфяно-болотных почвах с глубоким осушением, подстилаемых зернистыми песками в засушливые годы ощущается недостаток влаги для нормального роста и развития растений. В таких случаях производят дополнительное орошение почв методом дождевания или подпочвенного орошения (шлюзование) (1,2,3,4).

В данной статье рассматриваются результаты исследований процессов аммонификации, нитрификации и денитрификации (последние по развитию денитрифицирующих бактерий) в маломощной

торфяно-болотной почве низинного типа при увлажнении корнеобитаемого слоя дождеванием.

Опытный участок осушен в 1961 г. редкой сетью открытых каналов с частым расположением закрытых гончарных дрен. Торф опытного поля гипново-осоковый, мощность С,6 - 0,9 м, подстилается мелкозернистым песком. Степень разложения органического вещества 30 - 35%, pH 4,8 - 5,0. В пахотном слое почвы перед закладкой опыта содержалось: азота - 3,54%, фосфора - 0,25, калия - 0,06, магния - 0,15, железа окисного - 2,73, алюминия - 0,51 и полуторных окислов - 3,75%. Схема опыта приведена в таблице.

Полив тимофеевки на торфяно-болотной почве повышает влажность корнеобитаемого слоя, которая сохраняется не только в год полива, но и в следующий вегетационный период. В почве поливного участка в отдельные сроки вегетационного периода повышается численность аммонификаторов, нитрификаторов и особенно денитрификаторов (см. таблицу). Одновременно усиливается нитрифицирующая и аммонифицирующая способность почвы (рис.1), что указывает на интенсификацию процессов минерализации азота, содержащегося в органическом веществе. При этом высвобождается значительное количество аммиачного и нитратного азота, который накапливается в почве и служит пищей для растений. Однако накопившийся азот в виде подвижных соединений полностью растением и живой фазой почвы не используется и может теряться при снижении уровня грунтовых вод (вымываться), восстановлении в процессе денитрификации до молекулярного азота, а также диффузии в атмосферу в виде газообразного аммиака и двуокси азота.

Направленность процессов нитрификации в течение вегетационного периода идентична в торфяно-болотных почвах различного использования.

В почвах без растений и под посевами сельскохозяйственных культур, применявшиеся в опыте фосфорно-калийные удобрения тормозили нитратонакопление в исходной почве. Такая же закономерность наблюдалась и при постановке опытов по изучению нитрифицирующей способности почвы. Данные по со-

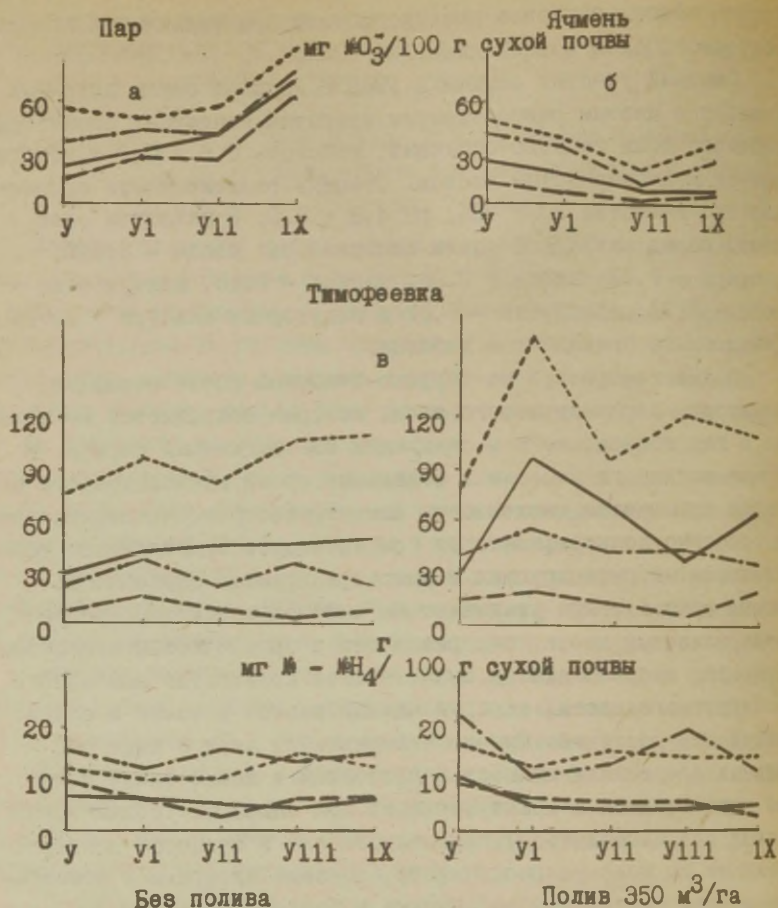


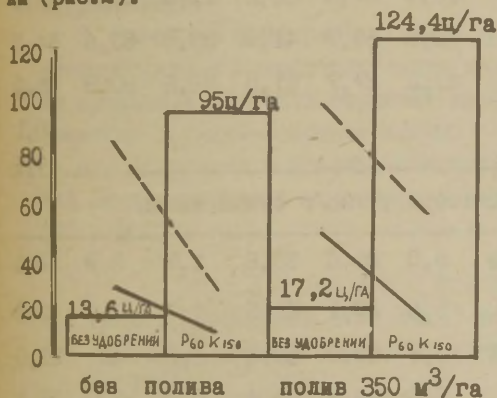
Рис. 1 а, б, в Влияние удобрений и сельскохозяйственной культуры на нитрифицирующую способность торфяно-болотной почвы

в, г Влияние полива и удобрений на нитрифицирующую (в) и аммонифицирующую (г) способность торфяно-болотной почвы

— Без удобрений | до инкубации — Без удобрений | после инкубации
 - - - $\text{P}_{60}\text{K}_{150}$ | - - - $\text{P}_{60}\text{K}_{150}$

держанию аммиака и нитратов в почве, а также аммонифицирующей и нитрифицирующей способности математически обработаны и получены достоверные изменения показателей. Существует высокая зависимость между остаточными аммиаком в почве и накоплением его при инкубации ($r = 0,94 \pm 0,14$). Такая же зависимость между остаточными нитратами и нитрифицирующей способностью ($r = 0,88 \pm 0,19$).

Снижение содержания нитратов в почве под растением и ослабление нитрифицирующей способности ее в вариантах с удобрениями не влияло отрицательно на урожай сена тимopheевки (рис.2).



Такое явление надо считать положительным, так как замедляются темпы минерализации органического вещества, а урожай растут. Корреляционным анализом установлено, что содержание нитратов в почве и урожай сена тимopheевки находятся в обратной зависимости. Коэффициент корреляции между этими показателями при уровне значимости 0,5 равен - 0,77.

На участке без полива, по данным Б.Б. Вельского, под влиянием удобрений урожай сена тимopheевки в среднем за два года повысился на 65,9 ц/га, аналогичном участке с поливом на 99,2 ц/га против контроля на обоих участках - 16,6 ц/га. Орошение посевов тимopheевки без применения удобрений не эф-

Таблица

Влияние орошения на микрофлору, участвующую в минерализации азотистых соединений торфяно-болотной почвы

Варианты опыта		Время анализа					Среднее
		14	17	28	26	7	
		у	у1	у11	у111	х	
Аммонификаторы, млн/г сухой почвы							
Без орошения	Без удобрений	61,2	38,2	30,7	35,4	21,1	41,5
	P ₆₀ K ₁₅₀	16,9	27,0	61,2	21,3	21,7	28,4
С орошением	Без удобрений	72,8	68,7	41,9	38,8	53,6	54,8
	P ₆₀ K ₁₅₀	47,2	37,7	51,5	32,6	30,8	38,0
	НСП ₀₅						8,1
	m %						4,4
Нитрификаторы, тыс/г сухой почвы							
Без орошения	Без удобрений	3,0	35,4	53,8	1,7	2,9	19,3
	P ₆₀ K ₁₅₀	5,8	39,1	61,5	1,7	5,8	22,8
С орошением	Без удобрений	13,2	62,0	53,8	1,8	42	27,0
	P ₆₀ K ₁₅₀	9,8	43,5	55,4	0,9	2,0	22,3
	НСП ₀₅						5,9
	m %						5,7
Денитрификаторы, тыс/г сухой почвы							
Без орошения	Без удобрений	14,9	15,4	0,9	1,7	2,3	7,0
	P ₆₀ K ₁₅₀	2,9	1,1	1,6	3,5	1,7	2,2
С орошением	Без удобрений	380,0	9,2	13,4	19,6	5,7	85,6
	P ₆₀ K ₁₅₀	88,3	8,7	7,5	0,8	2,6	21,5
	НСП ₀₅						84,4
	m %						64,4

фективно.

ВЫВОДЫ

1. Орошение осушенной маломощной торфяно-болотной почвы дождеванием повышает влажность пахотного слоя последней не только в год полива, но и сохраняет ее в последующий вегетационный период.
2. В связи с повышением влажности почвы возрастает численность микроорганизмов, участвующих в минерализации органического вещества и усиливаются процессы аммонификации и нитрификации.
3. Внесение фосфорно-калийных удобрений в виде простого суперфосфата и хлористого калия как на не орошаемых, так и на орошаемых участках тормозит минерализацию органического вещества торфяно-болотной почвы.
4. Содержание в торфяно-болотной почве нитратов и урожай сена тимopheевки находятся в обратной зависимости ($r = -0,77$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Зиле М.К., Берланд В.К. Кн.: "Вопросы дополнительного увлажнения на осушенных землях", том У111, Елгава, 1971.
2. Кожанов К.Я. Кн.: "Осушение и использование торфяно-болотных почв". Минск, 1963.
3. Лашкевич Г.И. Плодородие торфяно-болотных почв и возделывание конопли. Минск, 1962.
4. Маковский М.В. Сб.: "Осушения болотных и заболоченных почв нечерноземной зоны Европейской части СССР", Минск, 1960.

ВЛИЯНИЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ ПРИЕМОВ НА МИКРОФЛОРУ И АЗОТНЫЙ РЕЖИМ ТОРФЯНО-БОЛОТНОЙ ПОЧВЫ

Е.З.Тешпер, Т.В.Пушкарева

Тимирязевская сельскохозяйственная академия

Мелиорация торфяно-болотных почв - весьма перспективный прием их освоения. При понижении уровня грунтовых вод улучшается аэрация, повышается температура, что в свою очередь вызывает активизацию микробиологических процессов (1, 2, 3, 4).

По инициативе и при содействии отдела осушения Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации нами было изучено влияние осушения на микрофлору и азотный режим торфяно-болотной почвы. Объектом исследования был выбран мелиоративный участок совхоза "Глинтешкис", Вильнюсского района Литовской ССР.

Технические работы на участке были закончены в 1966 году. С 1966 до 1969 г. участок находился под паром, а затем летом 1969 года на нем были посеяны многолетние травы. Весной и осенью грунтовые воды были на уровне 70-80 см, летом - на 120-130 см.

В течение вегетационного периода 1968 и 1969 годов из разных мест осушенного массива и на целине - в немелиорированном торфянике (для контроля) брались пробы для микробиологических и химических анализов. В эти же сроки брались пробы дренажных вод. В последних пробах 1969 года, наряду с другими анализами, определялось содержание гумуса (по Тюрину), степень разложения, зольность, рН солевой вытяжки и общий азот почвы.

Анализ средних данных за вегетационный период 1968 год (когда мелиорируемый участок находился под паром, еще не был засажен сельскохозяйственной культурой) показывает (табл.1), что при мелиорации торфяно-болотных почв увеличивается численность микроорганизмов всех изученных групп. При этом особенно резко

возрастает численность зародышей, выявляемых на бедной среде (нитритном агаре), часть из которых участвует в минерализации гумусовых веществ, нитрифицирующих и аэробных целлюлозоразрушающих бактерий.

Таблица 1

Численность отдельных групп микроорганизмов в торфяных почвах совхоза "Глинешкис", за 1968 год (средние данные за вегетационный период, в тыс. на 1г абс. сухой почвы)

Слой почвы в см	сапрофитные микроорганизмы					нитрифицирующие		окисляющие целлюлозу
	на МПА	на КАА	из них актиномицеты	на бедной среде	из них проактиномицеты	рую	три	
	всего	всего		всего		щие	рую	щие
целинная								
0-15	4979	10504	1426	8281	629	6,7	3327	0,8
40-50	1274	2186	101	2283	80	0,4	1086	0,8
70-80	1394	1688	101	1483	17	0,6	1124	1,0
мелиорируемая								
0-15	10361	23253	4969	50988	717	39,6	3967	6,1
40-50	3131	7602	304	6120	68	1,3	302	2,5
70-80	1270	3785	183	3175	25	1,0	462	0,3

При изучении продуктов жизнедеятельности микроорганизмов, принимающих участие в превращении азота, было установлено (табл.2), что, несмотря на резкое увеличение их, в почве мелиорируемого участка содержание аммиачного азота меньше, чем в целинной. И несмотря на снижение численности бактерий в почве по профилю (табл.1), в нижних слоях целинной и мелиорируемом участках содержание аммиака увеличивается.

Последнее указывает на то, что торфяная почва, несмотря на большой поглощающий комплекс, не может удержать весь образующийся аммиачный азот, и часть его вымывается с водой из верхних слоев в нижние.

Часть аммиака под воздействием нитрифицирующих бактерий подвергается нитрификации. Как и следовало ожидать (табл.2) азота нитратов оказалось значитель-

но больше в мелиорируемой почве, чем в целинной. В связи с этим, для баланса подвижного азота большой интерес представляет сумма азота аммиака и азота нитратов. Из табл. 2 видно, что в мелиорируемой почве подвижного азота меньше, чем в целинной.

Таблица 2

Содержание подвижного азота и кислотность (рН) торфяно-болотной почвы за 1968 год (среднее за вегетационный период)

Слой почвы в см	состояние почвы	азот в мг на 100 г почвы			рН почвы
		аммиачный	нитратный	сумма	
0-15	мелиорируемая	21,98	15,05	37,03	6,3
	целинная	31,37	10,84	42,21	5,3
40-50	мелиорируемая	28,04	16,01	44,05	5,8
	целинная	38,40	1,78	40,18	5,1
70-80	мелиорируемая	30,40	9,60	40,0	5,8
	целинная	41,57	4,13	45,7	5,5

Аналитический материал по исследованию подвижных форм азота, на первый взгляд, противоречит данным микробиологического анализа. Однако, анализируя всевозможные факторы, которые могут влиять на накопление минерального азота в почве, мы приходим к заключению, что отмеченное выше противоречие является результатом большой динамики подвижных форм азота в мелиорируемой почве. Часть азота нитратов может в обоих участках подвергнуться денитрификации, а часть избыточного аммиачного азота весной и осенью, когда уровень грунтовых вод высокий (70-80 см), может вымываться и уноситься с дренажными водами. Это подтверждается данными по исследованию динамики и среднего содержания минерального азота в дренажных водах мелиорируемого участка. Из таблицы 3 видно, что каждый литр дренажной воды в парующей мелиорируемой почве (1968 г.) в среднем уносит около

4 мг азота. При этом наибольшее количество азота в водах содержалось весной и осенью и в основном в форме аммиачного азота.

То обстоятельство, что в мелиорируемой почве образуется больше аммиачного азота свидетельствует в какой-то мере и средние показатели кислотности почвы (рН) за 1968 год (табл.2).

Уменьшение подвижного азота за вегетационный период 1969 года объясняется, видимо, использованием его травами, которые были высеяны на мелиорируемом участке.

В результате проведенных мелиоративных приемов за первые 4 года изменилась агрохимическая характеристика торфяно-болотной почвы совхоза "Глинтешкис". В верхнем слое (0-10 см) степень разложения торфяника увеличилась от 25 до 37%, зольность повысилась в полтора раза.

Таблица 3

Динамика и среднее содержание азота в дренажных водах (в мг/л дренажной воды)

Срок отбора проб	1968 г			1969 г		
	азот			азот		
	аммиач- ный	нитрат- ный	сумма	аммиач- ный	нитрат- ный	сумма
Апрель	3,33	0,25	3,63	1,58	0,77	2,35
Июнь	0,77	0,36	1,13	1,20	0,01	1,21
Июль	-	-	-	1,39	0,20	1,59
Сентябрь	2,63	0,66	3,29	1,84	0,0	1,84
Среднее за вегетацион- ный период	3,41	0,49	3,90	1,48	0,24	1,72

Почва стала менее кислой (рН от 5,1 повысился до 6,2). Содержание перегноя снизилось в слое 0-10 см на 9%, в слое 25-50 см - на 3%, в слое 70-80 см - на 7%. Потери азота составили соответственно 0,27, 0,09 и 0,21%. Если учесть, что торфяно-болотные почвы низинного типа содержат в слое 0-20 см 10 тонн азота (Скрынникова, 1961), потери азота составят за 4 года (при содержа-

нии в контрольной почве 3% азота) 450, 150 и 350 кг/га. За 1 год это составит в слое 0-10 см - 120, в слое 25-50 см - 37, а в слое 70-80 см - 87 кг/га. При этом, если учесть, что в условиях Литовской ССР сток воды в среднем составляет 1000 куб. м. в месяц с гектара, в весенне-осенний период с дренажными водами будет вынесено 28 кг/га или 25% подвижного азота. Остальной азот, видимо, теряется в процессе денитрификации.

Таким образом, слишком бурное развитие микробиологической деятельности при паровании торфяно-болотной почвы может привести к чрезмерно быстрому разложению органического вещества и накоплению избыточного количества минерального азота, часть которого без пользы для растений теряется с дренажными водами и в процессах денитрификации. Посев трав в значительной мере уменьшит содержание в почве подвижного азота и сократит вынос его с дренажными водами.

Список литературы. 1. Вавуло Ф.П. "Микрофлора почв северной и средней части СССР", М., 1966. 2. Зименко Т.Г. "Микрофлора почв северной и средней части СССР", М., 1966. 3. Ивицкий А.И. "Гидротехника и мелиорация", №12, 1962. 4. Скрышников И.Н. "Почвенные процессы в окультуренных торфяных почвах", М., 1966.

ОСОБЕННОСТИ АММОНИФИКАЦИИ И ИМОБИЛИЗАЦИИ АЗОТА В ПОЧВЕ ПОД РИСОМ.

А.Н.Ильяетдинов

/Институт микробиологии и вирусологии
АН Казахской ССР /.

Азот занимает особое положение среди химических элементов, участвующих в круговороте веществ в почве. Большинство превращений азота осуществляется микробиологическим путем, хотя существуют и чисто химические реакции. В отличие от углерода, который в составе органических соединений окисляется до угольной кислоты и улетучивается в атмосферу, выходя на время из сферы деятельности почвенных гетеротрофных микроорганизмов, азот часто проходит один и тот же цикл превращений. Азот, освободившийся из растительных белков, тотчас может оказаться в составе белков микроорганизмов. Поэтому Харрисен /Harmsen, 1964/ ввел термин минерализационно-иммобилизационный цикл превращений азота в почве. Янсон /Jansson, 1958/ обозначил это явление как "длительный внутренний цикл" /Continous internal cycle /.

Минерализация углеродной и азотной части органического вещества растительных остатков идет неравномерно в зависимости от степени увлажнения почвы. На минерализацию углеродных соединений большое влияние оказывает степень обеспеченности почвы кислородом. Для сохранения углеродной части органического вещества от микробиологического разложения желательно сохранять окислительно-восстановительные условия ближе к анаэробным. При относительно аэробных условиях разложения органического вещества, обеспеченности влагой и благоприятной для деятельности микроорганизмов температуре минерализация органического вещества почвы может идти очень высокими темпами.

Аммонификация белков, животного или растительного происхождения, идет с одинаковой интенсивностью как в аэробных, так и в анаэробных условиях. За темпом разложения азотсодержащих органических веществ обычно следят по накоплению аммония в среде. Кривая содержания аммония в почве быстро возрастает после начала затопления /Неунылов, 1962, Чиркова 1960, Илялетдинов с соавт., 1969,

Furuta с а. ofh. , 1969/. В умеренно увлажненной почве /60% от полной влагоемкости / аммоний накапливается в значительно меньшем количестве, чем в затопленной почве, что частично можно объяснить его окислением до нитратов нитрифицирующими бактериями. В наших опытах по изучению закономерностей разложения окорневых остатков люцерны в почве установлено, что за полтора месяца количество азота в растительном материале снизилось с 246 мг до 156 мг на 100 г сухих корней при умеренном увлажнении и до 43 при затоплении, то есть на 37 и 82,6 % соответственно. В затопленной почве неизменно накапливалось больше аммония, чем в умеренно увлажненной почве.

Несмотря на низкое содержание аммония, в умеренно увлажненной почве идет энергичный процесс дезаминирования растительных белков. В этом убедили нас результаты опытов по изучению активности протеолитических ферментов в умеренно увлажненной и затопленной почве. При умеренном увлажнении почвы наблюдается значительная активность протеолитических ферментов, определяемая по разложению фотоэмульсии на поверхности фотографической бумаги согласно методике описанной И.С.Востровым /1967/. Эта активность коррелирует с высокой численностью микроорганизмов. При затоплении активность протеаз снижается, одновременно уменьшается и количество почвенных микроорганизмов /Илялетдинов Мамилев, Адиев, Божко, 1971/.

На первый взгляд, создается противоречивое положение. В относительно аэробных условиях разложения органического вещества в почве бурно развиваются микроорганизмы.

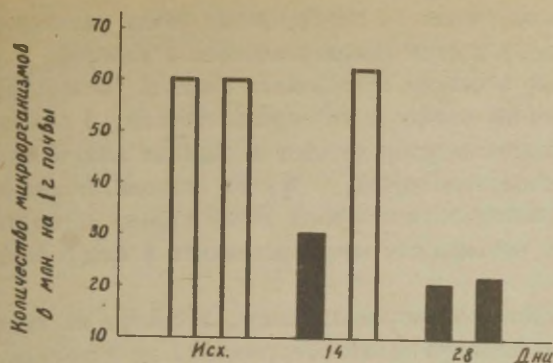


Рис I Численность микроорганизмов в незатопленной /светлые столбики/ и затопленной /темные столбики/ почве.

и наблюдается высокая активность протеолитических ферментов, а аммиак почти не накапливается. В затопленной почве напротив, при малой численности микроорганизмов и слабой активности ферментов, количество аммиака непрерывно растет.

Исследователи неоднократно отмечали существенную разницу между темпом размножения микроорганизмов в затопленной и умеренно увлажненной почве. Анаэробиз обусловленный затоплением, ведет к массовой гибели аэробных микроорганизмов /Непомилуев и Кузякина, 1965; Непомилуев и Козырев, 1968, Mitchel, Alexander 1962/. По нашим наблюдениям, проведенным на полях Кзыл-Ординской рисово-опытной станции в почве двух участков, затоплявавшихся с интервалами через две недели, численность микроорганизмов, растущих на МПА, уменьшалась через две недели после начала затопления в 1,5 раза, а к концу четвертой недели - в 3 раза по сравнению с количеством микроорганизмов в исходной почве /рис I/.

При более внимательном рассмотрении вопроса не

обнаруживается никакого противоречия между развитием аммонификаторов и других микроорганизмов в умеренно увлажненной почве и низким содержанием аммиака, освободившегося из растительных остатков, с одной стороны, и слабым темпом размножения микроорганизмов и большим количеством аммиака в затопленной почве, с другой стороны. Те явления которые мы наблюдаем в затопленной почве хорошо согласуются с уменьшением численности микроорганизмов в анаэробных условиях.

В умеренно увлажненной почве, несмотря на значительную протеолитическую активность, аммоний не накапливается в заметных количествах, причиной чему служит высокая скорость иммобилизации и нитрификации. Так как микроорганизмы энергично размножаются в относительно аэробных условиях и очень слабо при затоплении, то есть основания полагать, что из-за слабого темпа развития микроорганизмов и их низкой численности в затопленной почве азот в меньшей степени закрепляется в составе клеток микроорганизмов. При анаэробии на синтез протоплазмы микроорганизмов тратится меньше углерода, что обуславливает меньшую потребность в азоте. Таким образом, азотные потребности микроорганизмов, ведущих разложение органического вещества в затопленной почве значительно ниже, чем в умеренно увлажненной.

При этой причине для избыточно увлажненных почв характерен низкий темп иммобилизации. Вследствие слабой иммобилизации азота в анаэробных условиях процент азота в составе растительного материала, при которой идет иммобилизация, значительно ниже предела содержания азота, необходимого для его биологического закрепления в суходольных почвах. Американские исследователи Вильямс, Миккельсон, Миллер и Рукман / Williams, Mikkelson, Miller, Ruckman 1968/ показали, что интенсивность иммобилизации азота в затопленной почве составляет 1/3 от таковой для суходольных культур. Поэтому при одном и том же количестве азота растительных остатках их разложение в затопленной почве сопровождается освобождением и выделением азота в наружную сре-

ду, а в умеренно увлажненной почве — превращением в белковый азот микроорганизмов. Наблюдения за изменением содержания минерального азота в разных условиях увлажнения коррелируют с изменением численности микроорганизмов в аэробных условиях. Их количество увеличивается пропорционально содержанию органического вещества. При анаэробно-зе, обусловленном затоплением почвы, численность микроорганизмов резко уменьшается.

Так как иммобилизация азота — процесс, связанный непосредственно с размножением микроорганизмов, то факторы обуславливающие развитие микроорганизмов, будут оказывать влияние на темп иммобилизации азота. К ним в первую очередь относятся обеспеченность почвы доступными для микроорганизмов источниками углерода и фосфора, а также кислородом, который необходим для окисления органического вещества. Снижение численности микроорганизмов Фурусакэ с соавторами /Furusaka a. oth. ,1969/ объясняют истощением почвы легкодоступным органическим веществом. При относительно длительном разложении органического вещества в аэробных условиях, может иметь место заметное снижение количества легкорастворимых соединений. Но за короткий период могут минерализоваться лишь воднорастворимые органические вещества, содержание которых часто не превышает 1% от общего количества углеродных соединений почвы.

По нашему мнению, фактором, лимитирующим размножение микроорганизмов в затопленной почве служит не истощение почвы легкодоступными органическими веществами, а недостаток кислорода.

В результате выполненных исследований мы приходим к выводу, что в затопленной почве накопление аммония из разлагающихся растительных остатков является не столько следствием энергичного течения процесса аммонификации, сколько результатом низкого темпа биологической иммобилизации азота. Из этих работ вытекает практический вывод о том, что при более раннем наступлении анаэробно-зе, которое

достигается затоплением почвы еще до посева риса, в раннюю фазу развития растений можно накопить значительные количества аммония и обеспечить повышение урожаев риса

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ КЛУБЕНЬКОВЫХ БАКТЕРИЙ С РАСТЕНИЕМ СОИ

Г.П.Голодяев

Биолого-почвенный институт ДВ научного центра

Взаимоотношения микроорганизмов с высшими растениями носят довольно сложный характер. Известно, что непосредственное влияние микроорганизмов на рост растений осуществляется через продукты метаболизма. Микроорганизмы являются активными продуцентами физиологически активных веществ. Накопление в почве веществ типа ауксинов и витаминов имеет большое значение для дополнительного питания растений.

В связи с этим мы провели исследования по влиянию активных и малоактивных штаммов клубеньковых бактерий, а также их метаболитов на рост и развитие сои. В работе использовали сою, сорт Приморская 529, активные штаммы клубеньковых бактерий сои 63I, 64I, 646, малоактивные - 642, полученные нами из Всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии, а штамм 4-2 - из Благовещенского сельскохозяйственного института.

Исследования показали, что бактериализация семян сои клубеньковыми бактериями оказывает положительное влияние на развитие ее надземной массы, корней, а также способствует увеличению количества клубеньков на корнях и их веса.

Особенно заметное положительное действие клубеньковых бактерий сои на рост и развитие растения проявляется в варианте со стерильной почвой (почва была стерильна до момента посадки сои). Вес надземной массы, в сравнении с контролем, увеличивался на 5-17%, вес корней - на I-II%, количество клубеньков возросло на I7-III%, а вес клубеньков - на 67-265%. Характерно, что в этом варианте нет разницы в действии активных и малоактивных штаммов клубеньковых бактерий на развитие сои. Связано это с тем, что при стерилизации почвы была уничтожена вся микрофлора. Поэтому внесенные нами клубеньковые бактерии не испытывали антагонистического дейст-

вия со стороны микроорганизмов почвы и развивались нормально, образуя хорошо выраженные клубеньки, отличающиеся высокой активностью.

В варианте с нестерильной почвой наблюдается разница в действии активных и малоактивных штаммов клубеньковых бактерий. Активные штаммы увеличивали вес надземной массы сои по сравнению с контролем (63I — на 18%, 64I — на 7%), количество клубеньков (63I — на 13%, 64I — на 45%), а увеличение корневой массы не наблюдалось. Малоактивные штаммы не оказали заметного действия на развитие сои, количество клубеньков и их вес.

Наблюдения показали, что в опытах со стерильной почвой содержание общего азота в стеблях и корнях бактеризованных растений уменьшилось, тогда как в варианте с нестерильной почвой штамм 642 способствовал увеличению общего азота в надземной массе сои, по сравнению с контролем, на 20%. В корнях штамм 64I повысил его содержание на 9%, а 642 — на 12%. Результаты наших исследований согласуются с данными В.А.Межараупе (1963).

Многочисленными исследованиями В.К.Шильниковой (1963) и др. установлено, что активные штаммы клубеньковых бактерий в конечном итоге обеспечивают лучший рост и развитие растения. Мы провели исследования по определению количества выделений у клубеньков, образованных активными и малоактивными штаммами клубеньковых бактерий сои. Оказалось, что клубеньки, образованные активными штаммами бактерий, выделяют в среду веществ больше, чем клубеньки, образованные малоактивными штаммами, о чем свидетельствуют показания интерферометра: 63I — 6,45; 64I — 4,71; 642 — 4,13; 4-2 — 4,48. Как видно из приведенных данных, клубеньки, образованные активными штаммами, в среду выделяют больше веществ, что способствует лучшему развитию растения, поскольку оно получает дополнительное питание.

Активность клубеньков находится в тесной зависимости от изоэлектрической точки ткани клубеньков.

В литературе имеются указания (Дюбо, 1948) на четкую корреляцию между положением изоэлектрической точки бактерий и их общей физиологической активностью. Согласно исследованиям В.К.Шильниковой (1963), выявлена тенденция смещения в кислую сторону изоэлектрической точки у активных штаммов и в щелочную — у малоактивных штаммов клубеньковых бактерий и установлено изменение изоэлектрической точки в возрастном аспекте. В наших опытах изоэлектрическая точка наблюдалась не при одном каком-либо определенном значении pH, а в диапазоне pH, поэтому мы придерживаемся названия не изоэлектрическая точка, а изоэлектрическая зона клубеньковой ткани. Нам было установлено, что изоэлектрические зоны клубеньков, образованных активными штаммами клубеньковых бактерий сои, имеют более кислое значение pH (63I — 4,4 — 4,8; 646 — 4,4 — 4,6), а малоактивными — менее кислое (642 — 6,0 — 6,2; 4-2 — 6,2 — 6,4).

Таблица I

Влияние растений сои на рост клубеньковых бактерий в жидкой культуре (млн. в I мл среды)

Штаммы	10 день	14 день	17 день	24 день	27 день
642	10,8	42,0	42,6	65,2	31,5
646	8,4	36,8	40,4	42,8	34,6

Проведены также исследования по выявлению влияния клубеньковых бактерий и их метаболитов на рост и развитие сои (метод Федорова, 1952). Из таблицы I видно, что численность клубеньковых бактерий по мере роста сои увеличивается в течение 24 дней с момента ее посадки. На 27 суток происходит резкое сокращение количества бактерий. При этом малоактивный штамм размножается лучше, чем активный. Растения, инокулированные активным штаммом, развиваются лучше, нежели малоактивным (таблицы I,2). Объяснить это, по всей вероятности, можно тем, что активные штаммы синтезируют больше биологически активных веществ.

Таблица 2

Влияние клубеньковых бактерий на рост сои

Штаммы	Длина надземной части в см					Длина корня в см	Вес корня в г	Вес над- земной массы в г
	I4 день	I5 день	22 день	25 день	27 день			
646	28,0	29,0	42,7	64,3	68,5	24,5	1,28	5,05
642	27,0	28,5	36,2	56,5	60,5	24,5	0,86	3,72
Контроль	5,3	7,3	7,8	13,3	14,8	4,3	0,39	0,69

Таблица 3

Влияние метаболитов клубеньковых бактерий на рост сои

Штаммы	Длина надземной части в см					Длина корня в см	Вес корня в г	Вес над- земной массы в г
	I4 день	I5 день	22 день	25 день	27 день			
646	24,7	24,5	37,7	56,7	64,3	20,7	1,56	4,35
642	27,6	29,2	39,6	55,2	68,3	19,7	1,43	3,32
Контроль	5,3	7,3	7,8	13,3	14,8	4,3	0,39	0,69

Метаболиты клубеньковых бактерий оказывают на растения примерно такое же влияние, как и сами бактерии. Как видно из таблицы 3, метаболиты как малоактивного, так и активного штаммов вызывают незначительное увеличение длины надземной части растения. Однако после снятия опыта было установлено, что растения, инокулированные активными штаммами, имели значительную прибавку в весе надземной и подземной массы растений. Из этого вытекает, что активные штаммы своими выделениями обеспечивают растения дополнительным питанием, что приводит к увеличению их массы.

Литература

Дюбо Р.И., 1948. Бактериальная клетка. ИЛ.

Межараупе В.А., 1963. Влияние корневых выделений многолетних луговых трав на развитие клубеньковых бактерий. Труды ин-та микробиологии АН Латв. ССР, ХУШ.

Шильникова В.К., 1963. Исследование азотного состава бактеризованных растений и изоэлектрической точки клубеньковой ткани как возможных критериев эффективности азотфиксирующих бактерий. Автореферат кандидатской диссертации.

Федоров М.В., 1952. Биологическая фиксация азота атмосферы. Сельхозгиз. М.

ВЛИЯНИЕ ПЕСТИЦИДОВ НА НАКОПЛЕНИЕ АЗОТА В РАСТЕНИИ И РИЗОСФЕРЕ КЛЕВЕРА КРАСНОГО

Борчанинова М.И., Филиппова К.Ф.

Пермский государственный университет

имени А.М.Горького

Возросшие масштабы применения ядохимикатов для борьбы с сорной растительностью, болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур вызывают необходимость всестороннего изучения их.

Исходя из интересов рационального применения химических препаратов, мы попытались выяснить влияние предпосевного протравливания семян некоторыми из них отдельно или совместно с молибденом на содержание общего азота в различных органах растения, почве при возделывании клевера красного.

Для этой цели использовали активность почвенного фермента уреазы и нитрифицирующую способность почвы.

Опыты проводились в полевых условиях. Почва дерново-среднеподзолистая, слабосмытая, тяжелосуглинистая по химическому составу, pH-5,6 с содержанием валового азота от 0,120 до 0,220%, гумуса 3,1. Степень насыщенности основаниями-82,4%. Содержание гидролизуемого азота составляло 6,8, калия-7,2, фосфора-8,2 мг на 100г почвы, молибдена-0,27 мг/кг.

Норма высева семян 20 кг/га. Повторность опыта четырехкратная. Площадь делянки полевого опыта 100 кв.м., мелкоделяночного 5 кв.м.

Объектами исследования являлись: почва из под корней клевера первого и второго года жизни; растительный материал брался по фазам развития: 3-5 листочков, цветения и спелости семян. Исследовались листья, корни, головки растений.

Протравливание семян проводилось за 5-6 дней до посева. Микроэлемент в виде молибденово-кислого аммония 1 кг/ц смешивали с сухим протравителем, а затем протравливались семена.

Под покровную культуру вносили минеральные удобрения №₆₀P₉₀K₉₀ в виде аммиачной селитры, суперфосфата, хлористого калия. Весной проводилась подкормка минеральными удобрениями №₃₀P₆₀K₆₀.

Схема опыта

- К - контроль, семена сухие
- М - семена, обработанные меркураном 200 г/ц
- Ммо - семена, обработанные меркураном совместно с молибденом. Из расчета меркуран 200г/ц+1кг/ц молибденово-кислого аммония.
- Г - семена, обработанные гранозаном 150 г/ц
- ТМТД - семена, обработанные тетраметилтиурамдисульфидом из расчета 400 г/ц
- Мо - семена, обработанные молибденово-кислым аммонием 1 кг/ц

В процессе развития клевера распределение усвоенного азота в различных органах неодинаково. Степень ответной реакции растения в мобилизации фиксированного азота зависит от применения того или иного препарата и физиологического состояния растения /3,6 /.

Данные первичной токсикологической оценки протравителей в лабораторных условиях, полученные сотрудниками сельскохозяйственного института/5/, свидетельствуют о положительном действии предпосевного протравливания семян на всхожесть, увеличение надземной массы и роста корней, причем эффект повышается при совместной обработке семян молибденом /табл.1/.

Таблица 1

Влияние пестицидов на всхожесть семян, %

Протравители	доза, г/ц	Всхожесть, %	Гибель всходов, %
Контроль		47,10	21,20
Меркуран	200	48,60	14,80
Меркуран+Мо	200+1000	54,30	5,20
Гранозан	150	40,00	10,70
ТМТД	400	60,00	9,50

В полевом опыте эти же пестициды оказывают несколько иное влияние на растения и не всегда положительно, особенно в начальные фазы. Очевидно большое влияние на повышение токсичности препаратов при этом оказывает комплекс метеорологических условий и почвенная микрофлора /1,2,4/.

Молибден способствует значительному повышению содержания общего азота в оба года жизни клевера в листьях, корнях и в головках, за исключением корней в фазу спелости семян /табл.2/

Предпосевная обработка отрицательно сказалась на накоплении азота в листьях первого года вегетации растений в вариантах с ТМТД, гранозаном и меркураном; в корнях же наблюдалось уменьшение азота только от одного меркурана; во второй год жизни в фазу спелости семян понизился процент азота от раздельного и совместного применения меркурана с молибденом в листьях; в корнях клевера во второй год жизни имело место отрицательное действие всех изучаемых пестицидов.

Общее содержание азота в головках клевера в фазе спелости семян второго года понижается во всех опытных вариантах, кроме обработки семян молибденом.

Данные опытов по компостированию почвы с $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ показали, что максимальная активность нитратных бактерий отмечается в период цветения клевера второго года /табл.3/.

ТМТД, молибден и совместное применение меркурана с молибденом во все сроки исследования повышают нитрифицирующую активность в ризосфере. Меркуран снижает ее только в фазе цветения клевера второго года жизни. Гранозан оказался токсичным для нитрифицирующих бактерий в фазу розетки первого года и в фазу цветения второго года жизни клевера.

Активность уреазы в ризосфере клевера от действия химической обработки семян ингибируется в 1-й год и в большинстве случаев на 2-м году жизни клевера /табл.4/.

Таблица 2

Влияние предпосевной обработки семян пестицидами
на содержание общего азота, %

Варианты	Первого года		Второго года жизни	
Фазы	3-5 листьев	Цветения	Спелости семян	
	в листьях			
Контроль	3,00	2,12	3,13	
Меркуран	2,48	2,22	2,56	
Меркуран+Мо	3,12	2,56	2,34	
Гранозан	2,81	2,56	3,09	
ТМТД	2,59	2,62	3,58	
Молибден	3,83	2,75	3,22	
	в корнях		головках	
Контроль	1,50	1,05	2,40	3,53
Меркуран	1,28	1,77	1,57	2,96
Меркуран+Мо	1,96	2,27	1,68	2,94
Гранозан	1,53	1,36	1,73	2,61
ТМТД	2,01	1,92	2,19	2,87
Молибден	1,72	2,30	1,85	4,11

Таблица 3

Влияние предпосевной обработки семян на нитрифици-
рующую способность почвы / N/O_3 мг/кг/

Варианты	Первого года		Второго года жизни	
Фазы	3-5 листьев	Розетки	Цветения	Спелости семян
Контроль	19,50	21,30	47,10	20,00
Меркуран	20,90	28,50	39,30	21,90
Меркуран+Мо	19,70	28,50	56,20	21,20
Гранозан	20,60	18,10	27,10	20,50
ТМТД	23,40	21,70	60,70	21,90
Молибден	23,50	23,10	47,90	22,90

Таблица 4

Активность фермента уреазы $/\text{NH}_3$ на 1 г почвы/

Варианты	Первого года		Второго года жизни	
	Фазы 3-5 листьев	Розетки	Цветения	Спелости семян
Контроль	1,32	3,52	1,71	3,73
Меркуран	1,12	3,00	2,72	2,05
Меркуран+Мо	1,11	4,56	1,12	4,06
Гранозан	1,31	3,32	1,25	3,25
ТМТД	1,26	3,14	1,21	2,78
Молибден	1,12	5,08	1,35	3,11

Результаты экспериментальных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1/ Предпосевная обработка семян пестицидами в первый год вегетации клевера красного задерживает накопление общего азота в листьях, кроме совместного применения меркурана с молибденом.

2/ На втором году отрицательное последствие на накопление азота в листьях сказывается только в фазе спелости семян в вариантах меркуран и меркуран+Мо; в корнях же и головках растений наблюдается ингибирование накопления азота во всех опытных вариантах, кроме варианта с молибденом /в головках/.

3/ На деятельность нитрифицирующих бактерий отрицательное влияние оказал гранозан.

4/ Активность почвенного фермента уреазы снижена в первый год и в большинстве опытных вариантов на втором году жизни клевера.

Литература

1. Берим Н.Г. 1966. Изд-во "Колос".Л.
2. Лупова Л.М. 1959. Докл.ВАСХНИИ, вып.4
3. Мишустин Е.Н., Петербургский А.В.1967.Изд-во"Наука".
4. Мишустин Е.Н., Ещов В.Т. 1970. "Микробиология". Изд-во "Колос".М.
5. Тарасова Ф.А. 1971. Дисс.работа на соиск.учен.степ. канд.с/хоз.наук.Пермь.

О ВЗАИМОСВЯЗИ СПОРОНОСНЫХ ФОРМ БАКТЕРИЙ С
ФРАКЦИОННЫМ СОСТАВОМ АЗОТА В ГОРНЫХ ЦЕЛИННЫХ ПОЧВАХ
КИРГИЗИИ

Э.Г. Вухрер

Киргизский научно-исследовательский институт почвоведения

Изучение азотного фонда почв методом фракционированного гидролиза с применением кислот и щелочей дает ряд фракций, содержащих из почвы азотистые вещества.

Болез основательно разработан метод фракционированного гидролиза с применением кислот и щелочей Н.М. Лазеревым (1945), который и был применен в наших исследованиях.

В кислотизвлекаемую фракцию переходит в основном минеральные вещества. В щелочную фракцию переходит вся масса азотистых веществ, входивших в гуматную часть почвенного гумуса, а также некоторое количество веществ органических остатков. В фракцию гидролиза переходит в основном азот белков. Хотя метод фракционированного гидролиза не дает полного разделения азотистых веществ гумуса от минерального и белкового азота, тем не менее создается определенное представление о количестве легко и трудно гидролизуемого азота почв, а в связи с этим и о ходе биохимических процессов, свойственных той или иной почве, что является одним из звеньев комплексного познания почвообразовательных процессов.

Результаты исследования отражены в табл. I.

Из приведенных в таблице I данных видно, что состав азотного фонда в почвах зависит от содержания гумуса, интенсивности развития микроорганизмов и расположения почв по высотам.

Почвы низких межгорных впадин (серо-бурые, светло-бурые) с небольшим содержанием органических веществ имеют более высокое процентное содержание азота кислотных фракций и сравнительно пониженное — щелочных форм азота. Так, в серо-бурой почве, в которой 0,55% гумуса, содержание

Таблица I.

Число спорноспособных форм бактерий и фракционный состав азота в горных почвах Киргизии.

Наименование почвы	Высота над уровнем моря, м.	Число спорноспособных бактерий, млн./г. перегн.	Гумус, %	Общий азот, в мгр. на 100 г. почвы	Кислотизв-лекаемый азот, %	Щелочно-извлекаемый азот, %	Гидролизат, %
<u>Межгорные впадины</u>							
Серобурая пустынная	1600	46,9	0,55	104	60,0	18,2	23,0
Светло-бурая -	1800	8,4	1,86	161	44,1	19,2	32,2
Горно-долинная темно-каштановая	2500	7,1	6,10	560	22,0	35,0	42,3
Высокогорная каштановидная (Арпа)	3000	4,4	2,30	250	18,8	43,2	27,2
Высокогорная каштаново-степная (Ак-Сай)	3400	4,6	2,32	220	21,2	25,8	49
<u>Горные склоны</u>							
Горнолесная темноцветная еловых лесов	2670	3,5	17,50	355	12,1	26,4	58
Темно-бурая ореховых лесов	1800	4,2	19,14	892	14,8	14,9	50
Горная лугово-степная субальп.	2700	5,1	7,92	400	13,0	31,0	55
Горная лугово-степная альпийс.	3000	3,6	10,31	710	12,0	36,0	50
Горная лугово-степная (пер. Тау-Журун)	3500	0,8	10,98	445	8,0	47,0	44
Дерново-полустерфянистая	3180	0,6	19,45	982	13,0	26,0	58

азота в кислотнотизвлекаемой фракции составляет 60%, а в щелочноизвлекаемой — 18%. Но такая закономерность не распространяется на почвы, расположенные на высоте выше 3000 м. над уровнем моря (высокогорные каштановидные степные — Арпа и высокогорные каштаново-степные — Ак-Сай), где гумуса тоже мало, а содержание азота в кислотнотизвлекаемой фракции достигает лишь 21–28%, тогда как количество азота в щелочноизвлекаемой фракции увеличивается до 26–43%. Это положение связано прежде всего с микробиологической деятельностью, которая в этих почвах протекает крайне слабо из-за недостатка тепла и влаги, что особенно отражается на количестве спороносных форм бактерий, которое не превышает 4–5% от общего числа бактерий, и на нитрифицирующих бактериях, которых крайне мало, что приводит к торможению мобилизационных процессов в этих почвах.

Известно, что бациллы численно возрастают на более поздних фазах минерализации органического вещества. В связи с тем, что в условиях холодного климата высокогорий распад растительных остатков идет очень слабо, создаются неблагоприятные условия для размножения бацилл. Поэтому по мере продвижения от высокогорных почв к предгорным равнинам количественный состав спороносных бактерий увеличивается. Интересно отметить, что в пересчете на 1 г. перегной максимальное и минимальное число спороносных форм бактерий приходится на почвы с наименьшим содержанием органических веществ (серо-бурая и высокогорная каштановидная). В одних условиях, например, в серо-бурых почвах, расположенных на высоте 1600 м. над уровнем моря, минерализация органических веществ более интенсивна. Здесь спороносных форм бактерий в 10 раз больше, чем в высокогорных — каштановых почвах (на высоте 3000 м), где благодаря комплексу факторов (недостаток влаги, температур) разложение органических веществ идет крайне медленно. Поэтому здесь минеральных азотистых веществ значительно меньше, чем в почвах низких межгорных впадин.

В почвах средневисотных межгорных впадин (каштановых) различия в процентном содержании азота в кислотнотизвлекаемой

фракции понижается, а процентное содержание азота щелочно-извлекаемой фракции и азота гидролизата увеличивается. Это явление коррелирует с микробиологической деятельностью, которая в этих почвах исключительно активна.

Почвы горных склонов существенно отличаются от почв межгорных впадин по содержанию фракций азота. Горно-лесная темноцветная почва еловых лесов и темно-бурая ореховых лесов имеют высокое содержание азота фракции гидролизата и очень низкое содержание азотнокислотной фракции. Эти почвы особенно богаты микроорганизмами, связанными с разложением растительных остатков, но в них интенсивность мобилизации азота очень низка. Спорозоносные формы бактерий в верхнем горизонте здесь не превышают 5% из общего числа аммонификаторов или 3,5-4 млн. в 1 г. перегноя. Другие почвы горных склонов Центрального Тянь-Шаня, как горно-луговые степные субальпийские и альпийские, проявляют аналогичную закономерность. В этих почвах понижено процентное содержание азота в кислотной фракции (12-13%) и повышено гидролизатной фракции (50-55%). Максимум содержания азота в щелочноизвлекаемой фракции (47%) и минимум в кислотизвлекаемой фракции (8%) отмечаются в горно-луговых почвах Южной Киргизии (перевал Тау-Мурун, абс. выс. 3500 м. над ур. м.). В данной почве происходит накопление, консервация грубого гумуса и замедление мобилизационных процессов. Спорозоносные формы бактерий составляют лишь 3% от общего числа аммонификаторов.

По почвенному профилю отмечается выраженная корреляция между количеством спорозоносных форм бактерий и азотом кислотизвлекаемой фракции. Процент кислотной фракции азота значительно увеличивается с глубиной. Так, в горно-долинной темно-каштановой почве на глубине 0-15 см кислотизвлекаемый азот составляет 22%, а на глубине 65 см доходит до 33%, а спорозоносные бактерии соответственно увеличиваются до 30%. В горно-лугово-степной альпийской почве эти показатели еще больше выражены, от 12% кислотизвлекаемый азот в слое 0-18 см нарастает до 45% в слое почвы 35-45 см.

Параллельно увеличивается и процентное содержание спороносных форм бактерий. Наоборот, в почвах с низким содержанием органических веществ азот кислотизвлекаемой фракции снижается, например, в светло-бурой почве от 44% до 24%, а в щелочнойизвлекаемой фракции увеличивается от 19% до 28%. В этих почвах количество спороносных форм бактерий не повышается.

Сопоставляя вышеприведенные данные с результатами микробиологических и биохимических исследований, легко заметить наличие весьма тесной связи микробиологической активности этих почв с особенностями их органического вещества. Энергия нитратнакопления в мало- и среднегумусных почвах межгорных впадин (при расчете количества накопленных нитратов на содержание гумуса в 1 кг почвы) в 2-5 раз больше, чем в горно-лесных темноцветных, горно-лугово-степных альпийских и черноземовидных. Процент кислотной фракции азота в этих почвах также в 3-5 раз выше. Интересно отметить, что в горно-луговых-степных (перевал Тау-Мурун, в дерново-полutorфянистых, горно-лесных темноцветных почвах, из верхних горизонтов которых в кислотную фракцию переходит незначительное количество азотистых веществ, нитратнакопление практически отсутствует. Микробиологическими анализами обнаружено незначительное число спороносных форм бактерий и лишь несколько десятков клеток нитрифицирующих бактерий в 1 г. почвы.

Из вышеизложенного видно, что фракционный состав азота коррелятивно связан с микробиологической деятельностью, прежде всего, со спороносными и нитрифицирующими формами бактерий, и является одним из факторов, характеризующих почвообразовательные процессы в горных почвах.

Литература

- Лазерев Н.М., 1945. Экологическая микробиология и изучение почвенного плодородия.
Труды Всесоюзного Н.И.института с/х микробиологии за 1941-1945 г.г.

ОСОБЕННОСТИ АЗОТНОГО РЕЖИМА ДЕРНОВО-ГЛЕЕВЫХ ПОЧВ БЕЛОРУССИИ

В.И.Якушева, А.С.Мееровский

Белорусский НИИ почвоведения и агрохимии

Положительный водный баланс и своеобразный рельеф Белоруссии обуславливают широкое распространение заболоченных почв на ее территории. Общая площадь заболоченных почв республики составляет более 4 миллионов гектаров. Среди большого разнообразия переувлажненных минеральных почв наиболее перспективными для с/х использования являются дерново-глеевые почвы. Дерново-глеевые почвы занимают большой удельный вес в мелиоративном фонде республики ($\approx 1,2$ млн. га). Эти почвы обладают высоким потенциальным плодородием и содержат значительное количество гумуса и общего азота (табл. I). В большинстве своем они имеют высокую степень насыщенности основаниями и близкую к нейтральной реакцию среды.

В природном состоянии дерново-глеевые почвы в основном заняты естественными сенокосами и пастбищами (более 70%) и только 11% находится в пашне. В связи с этим основное внимание уделялось изучению пищевого режима и факторов, лимитирующих плодородие этих почв при выращивании многолетних трав. С этой целью на преобладающих разновидностях дерново-глеевых почв в различных почвенно-климатических районах БССР проведена серия полевых опытов, сопровождавшиеся систематическим наблюдением за динамикой пищевого режима. Обобщенные результаты этой работы показали, что несмотря на высокое содержание гумуса, общего и гидролизуемого азота, главным фактором, лимитирующим урожай трав, является азот (табл. 2). Применение фосфорно-калийных удобрений экономически выгодно лишь на фоне азотных.

Таблица I

Содержание гумуса, общего и легкогидролизуемого азота в аккумулятивном горизонте дерново-глееных почв

№ п/п	Наименование почвенной разности	Гумус, %		А з о т			
		Среднее	Колебание	Общий, %		Легкогидролизуемый, мг/100 г почвы	
				Средн.	Колебание	Средн.	Колебание
1.	Дерново-глееватая супесчаная	3,2	2,3-4,3	0,17	0,11-0,24	13,1	10,2-16,5
2.	Дерново-глеевая супесчаная	4,5	3,2-5,9	0,26	0,17-0,33	10,9	7,0-14,5
3.	Дерново-глеевая суглинистая	7,7	5,8-9,6	0,55	0,45-0,65	12,3	9,1-15,5
4.	Дерново-перегнойно- глеевая суглинистая	12,6	10,2-15,7	0,78	0,74-0,83	26,7	23,0-30,2

Внесение последних не только резко увеличивает урожай трав, но и повышает процент использования почвенных фосфатов и калия. При достаточном азотном питании коэффициент использования фосфора, из почвы достигает 25%, а калия 60%.

Изучение питательного режима дерново-глебовых почв показало чрезвычайное своеобразие его по сравнению с почвами нормального увлажнения, что дает возможность наметить основные принципы применения удобрений на культурных лугах. Особенно важны наблюдения за динамикой подвижных форм азота в заболоченных почвах, в которых протекают сильные восстановительные процессы, отрицательно влияющие на накопление нитратов (2,4). Наблюдения за азотным режимом питания луговых растений на дерново-глебовых почвах показали, что эти почвы бедны нитратным и аммиачным азотом. Под влиянием внесения удобрений в почве увеличивается количество подвижного азота, особенно на вариантах, где вносился один азот. При внесении этих же доз азота на фоне фосфорных удобрений количество нитратного азота в почве резко уменьшается, что подчеркивает недостаточность последнего элемента в почве и, что азотные удобрения будут эффективны только на определенном фоне фосфорных удобрений. В самый напряженный момент питания травянистых растений (в период выхода в трубку и цветения) нитраты и аммиак фиксировались лишь в виде следов. Относительно большое количество нитратов и аммиака в перегнойном горизонте обнаруживались лишь в начальный период вегетации. С ростом и развитием растений запас нитратного и аммиачного азота уменьшается. Следовательно, уменьшение содержания нитратов к середине лета обязано быстрому их поглощению растениями, у которых начиная с мая по июль отмечается максимальная потребность в азотном питании. Ряд исследователей (1, 2, 3, 5) отмечают, что на снижение запасов NO_3 в почве в летний период большое влияние кроме растений оказывают анаэробные и аэробные микроорганизмы.

Таблица 2

Эффективность минеральных удобрений под траву на дерново-глеевых почвах
(средние данные за ряд лет)

Варианты опыта	Дерново-глеевые суглинистые				Дерново-глеевые супесчаные			
	М, ц/га	$\pm m$	P, %	Себестоимость 1 ц сена, руб.	М, ц/га	$\pm m$	P, %	Себестоимость 1 ц сена, руб.
Контроль	34,7	0,54	1,54	1,26	22,9	0,63	2,7	1,92
М	61,4	0,93	1,52	0,99	55,2	1,35	2,5	1,08
Р	46,7	0,85	1,82	1,06	25,5	0,79	3,1	1,89
К	46,5	0,86	1,86	1,07	26,7	0,73	2,7	1,80
МР	69,2	1,03	1,48	0,97	60,8	0,51	2,3	1,11
МК	71,0	1,80	2,53	0,93	60,5	0,27	0,5	1,10
РК	48,0	0,96	1,96	1,09	30,4	0,72	2,3	1,71
МРК	81,6	1,03	1,26	0,92	72,5	1,33	1,9	0,99

Примечание: М на суглинистых почвах - 45 кг, на супесчаных - 60 кг
Р на суглинистых почвах - 60 кг, на супесчаных - 30 кг
К на суглинистых почвах - 70 кг, на супесчаных - 35 кг

В осенний период в зависимости от погодных условий запасы подвижного азота изменяются по-разному. При недостатке осадков отмечается значительное количество нитратов и аммиака, а дождливой осенью как нитраты, так и аммиак фиксировались лишь в виде следов.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Веригина К.В. К характеристике процессов оглеения почв. Тр. почв. ин-та, т. 41, 1953.

2. Костычев С.П. Исследования по биодинамике почв. Тр. почв. ин-та, вып. 3-4, 1930.

3. Трепачев Е.П. Современное состояние проблемы биологического азота в земледелии. "Агрохимия", № 10, 1967.

4. Ярков С.П. Сезонная динамика процессов почвообразования. "Почвоведение", № 6, 1956.

5. Smith J.K. Relationships between soil cation-exchange capacity and the toxicity of ammonia to the nitrification process. "Soil Sci. Soc. of America Proc.," 1964

III секция ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ АЗОТА

ИЗУЧЕНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ПИРИДИНА КАК ИНГИБИТОРОВ
НИТРИФИЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ И ПРОЦЕССА НИТРИФИКАЦИИ
В ПОЧВЕ

М.В.Штальберг

Всесоюзный научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной микробиологии

Применения массированных доз азотных удобрений неизбежно связано с потерями азота из почвы. Основным источником этих потерь нитрификация, поскольку образующиеся в этом процессе нитраты легко вымываются из почвы атмосферными осадками или восстанавливаются до окислов и молекулярного азота.

Имеются различные способы борьбы с этими потерями путем рациональной технологии обработки почвы и внесения удобрений. В последние годы проводятся небезуспешные поиски специфических ингибиторов нитрификации с помощью которых делаются попытки регулировать скорость окисления аммиака в почве. 1-9 Перспективными соединениями такого рода являются замещенные пиридина. Однако при изучении литературы ощущается отсутствие систематических исследований по отдельным классам соединений и подбор испытываемых ингибиторов часто случайный.

Мы испытали 14 производных пиридина. Изучение их действия на окисление NH_4^+ в накопительной культуре нитрифицирующих бактерий позволило выявить 4 наиболее эффективных ингибитора: β пиколин; 2,4 лутидин; 2,4, 6 триметилпиридин; $\Delta\Delta'$ дипиридил, которые при концентрации 10 мг/кг полностью подавляют процесс окисления NH_4^+ .

В концентрации до 50 мг/кг все испытанные вещества подавляли I фазу нитрификации (окисления NH_4^+ до NO_2^-), не оказывая в течение 30 дней существенного влияния на II фазу. Это очень важно, так как в среде не накапливаются нитриты, которые могут служить источником потерь азота.

Отобранные в опыте с накопительной культурой ингибиторы нитрифицирующих бактерий использовали в последующей работе с почвой. Опыты проводились в парующих сосудах

при температуре 26° и оптимальной влажности. Почва огородная, хорошо окультуренная, среднесуглинистая. Вес почвы на сосуд 500 г (в пересчёте на абсолютно сухую). В почву добавляли $(NH_4)_2SO_4$ — 1 г/кг почвы. Ингибиторы вносили в концентрации 10 мг/кг почвы с водой. Нитратный азот определяли в три срока: на 7-е, 15-е и 20-е сутки методом Грандваль-Ляжу с дисульфогеноловой кислотой. Данные, приведенные в таблице № 1 показывают, что β-пиколины-2,4,6-триметилпиридия и 2,4-лутидин снижают накопление нитратов в почве, прекращая его почти полностью в течение 7 суток. Наиболее сильное ингибирующее действие оказывает 2,4-лутидин. Ингибирующее действие производных пиридина носит временный характер, что объясняется их разложением в почве, спустя 30 суток содержание NO_3 по вариантам опыта в значительной степени выравнивается.

Действие пиридинов на микроорганизмы, осуществляющие трансформацию азота в почве определяли на жидких средах: амонификаторов на пептонной воде, нитрификаторов на среде Виноградского, денитрификаторов на среде Гильтая. Высев из почвы, в которую добавляли ингибиторы в концентрации 10 и 50 мг/кг проводился на 10, 20, 30-е сутки. Данные приведены в таблице № 2.

Все испытанные пиридины уже в концентрации 10 мг на кг заметно угнетают развитие нитрифицирующих и денитрифицирующих микроорганизмов. Концентрация 50 мг вызывает сокращение численности нитрификаторов в 1000–10000 раз, а в случае 2,4-лутидина полностью подавляет их развитие. Численность денитрифицирующих бактерий при этой концентрации сокращается в 1000 раз. Ни одно из производных пиридина не оказывало ингибирующего действия на амонификаторы.

Специфический характер действия пиридинов на нитрифицирующие и денитрифицирующие микроорганизмы имеет большое значение, т.к. деятельность этих микроорганизмов приводит к потерям азота из почвы.

Таблица № I

Влияние пиридинов на процесс нитрификации в почве						
Время в сутках	Контроль	В пиколин 10 мг/кг	2,4,6 триметил 10 мг/кг пиридин	2,4 лутидин 10 мг/кг	Дидиридил 10 мг/кг	Реглон 10 мг/кг
0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0
7	32,4	23,6	22,0	9,7	32,1	31,5
15	54,1	41,5	55,0	39,5	55,1	56,5
30	125,0	93,7	96,0	72,0	102,0	100

Таблица 2

Влияние пиридинов на основные группы микроорганизмов, участвующих в трансформации азота

Варианты	Концентр. мг/кг	Аммонификаторы			Нитрификаторы			Денитрификаторы		
		10 дн.	20 дн.	30 дн.	10 дн.	20 дн.	30 дн.	10 дн.	20 дн.	30 дн.
Контроль	0,0	10^7	10^6	10^7	10^6	10^6	10^6	10^7	10^7	10^7
В пиколин	10	10^7	10^7	10^7	10^{4-5}	10^5	10^6	10^5	10^7	10^7
	50	10^7	10^7	10^7	10^2	10^4	10^5	10^5	10^5	10^6
	10	10^6	10^7	10^7	10^3	10^3	10^5	10^5	10^5	10^6
2,4 лутидин	50	10^6	10^7	10^7	-	10^2	10^4	10^4	10^4	10^5
2,4,6 триметил	10	10^6	10^7	10^7	10^5	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6
пиридин	50	10^6	10^6	10^6	10^4	10^4	10^6	10^5	10^5	10^6
реглон	10	10^6	10^6	10^6	10^5	10^5	10^6	10^5	10^5	10^6
1,1-этилен										
2,2-дипиридин										
диэтил-диэтил										
40% дейстр. начала)	50	10^6	10^6	10^6	10^3	10^3	10^5	10^4	10^4	10^5

Так как процесс нитрификации удобрений, особенно гранулированных носит локальный характер, то, чтобы определить действие ингибиторов на скорость окисления аммония удобрений были поставлены опыты с гранулированной мочевиной, катионитом, насыщенным NH_4^+ и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, которые вносили в почву из расчёта 200 мг № на кг.почвы, пропитывая их 2,4 лутидином. 2,4 лутидин брали в 2-х концентрациях 5 и 25% от азота удобрения, что соответствует 10 и 50 мг на кг. почвы. Данные приведены в таблице № 3.

Применение 2,4 лутидина в концентрации 25% в течение 15 суток полностью препятствовало окислению удобрений и обе концентрации вызывали значительное угнетение процесса в течение 45 дней.

Таблица 3

Действие 2,4 лутидина на нитрификацию азотных удобрений

Варианты опыта	Время N/NO_3 в мг/кг почвы в сутках			
	0	15	30	45
Мочевина	69,0	155	210	251
Мочевина + 5% 2,4 лутидина	—	130	157	222,4
Мочевина + 25% 2,4 лутидина	—	84	120	190,8
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	—	117	108,6	184
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ +5%	—			
2,4 лутидина		97	103,8	166
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ +25%	—			
2,4 лутидина		84,5	93,3	140,3

Варианты опыта	N/NO ₂ в мг/кг почвы Время в сутках			
	0	15	30	45
Катонит насыщ. NH ₄	69,0	94	104	145
То же + 5% 2,4 лугидина	69,0	79	92,5	120
То же +25% 2,4 лугидина	69,0	65	66,6	115

Таким образом из 14 производных пиридина, отобрано 4 соединения, ингибирующие I фазу нитрификации - окисления NH₄ до NO₂. Эти соединения ингибируют развитие нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий, но не оказывают существенного влияния на аммонифицирующие бактерии. Отрицательное действие ингибиторов имеет временный характер и через 1,5-2,0 месяца в значительной степени снижается.

Отмеченные выше показатели позволяют расценивать 2,4 лугидин, как один из перспективных регуляторов процесса окисления аммонийного азота.

Список литературы:

1. Андреева Е.А., Щеглова Г.М. Агрохимия № 10, 1966.
2. Борисова Н.И. Химия в сельском хозяйстве № 11, 1968.
3. Смирнов П.М., Кабанова Н.А. Известия ТСХА № 5, 1970.
4. Смирнов П.М., Кабанова Н.А., Дегтярева. Известия ТСХА, 1968 и 3.
5. Campbell N.E. and Aleem M.J. Antonie van Leeuwenhock. J. microbiol. serol. 38. 1965a, 1965 b = Antonie van Leeuwenhock. J. microbiol. serol. 31.
6. Goring Cleve A.J. Soil Sci v.93, N 3, 1960.a.
7. Goring Cleve A.J. (The Dow Chemical Co) nam N 301, 1884
8. Garretson A.L. San Clemente C.L. J. of Econ. Entom. 1968
9. Glasson K. Agriculture, V.12, N 1, 1964. v6H1.

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МИКРООРГАНИЗМОВ, УЧАСТВУЮЩИХ В ЭНЕРГЕТИ- ЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НИТРАТОВ

Т.К. Ильина и Р.Н. Ходакова

Почвенный институт им. В.В. Докучаева

Газообразные потери азота из почвы главным образом обусловлены жизнедеятельностью микроорганизмов, интенсивно диссимилирующих нитраты в процессах нитратного дыхания. Изучение их физиологических особенностей имеет большое значение для познания рационального регулирования азотного баланса почв. Наши предварительные исследования в этом направлении показали широкое распространение микроорганизмов данной группы в некоторых типах почв.

В дальнейшем было установлено, что при развитии на средах, содержащих нитраты, они вызывают значительные потери азота из среды. Интенсивность восстановления нитрата и связанные с ней величины потерь азота зависят от природы микроорганизма и условий его развития. Большое влияние на эти процессы оказывают концентрация органического субстрата, окисляемого нитратом в ходе диссимиляторных процессов, и обеспеченность культуры кислородом. В литературе имеются сообщения об аэробной денитрификации (1, 4). Однако при уменьшении содержания кислорода в окружающей среде данный процесс стимулировался. В противоположность этим результатам, диссимиляторная нитратредукция у изучаемых нами микроорганизмов происходила интенсивнее в аэробных условиях (табл. I). Этому соответствовало увеличение расхода глюкозы и молярных соотношений между потребленным нитратом и глюкозой, отражающие интенсивность нитратного дыхания. Мы объясняем полученные результаты следующим образом. При нормальном доступе кислорода начиналось быстрое развитие микроорганизмов за счет обычного дыхания, что приводило к исчерпанию свободного кислорода в жидкой питательной среде. Дальнейший приток кислорода затруднен, вследствие его незначительной растворимости.

Таблица I

Влияние аэрации на особенности восстановления нитрата почвенными бактериями

Культуры бактерий	Условия выращивания бактерий	Использовано глюкозы, мг	Использовано NO_3 , мг	Использовано NO_3 , %	Восстановлено молей NO_3 на I моль окисленной глюкозы	Потери азота из среды, %
<i>B. brevis</i>	аэроб.	139,5	157,5	96,6	3,1	32,3
	анаэроб.	68,4	35,1	21,4	1,3	11,8
<i>B. glutinosus</i>	аэроб.	139,5	104,4	63,9	2,1	12,7
	анаэроб.	76,7	9,0	5,5	0,3	0,0

Примечание: культуры выращивались в конических колбах на 100 мл, содержащих 30 мл питательной среды.

Концентрация глюкозы в исходной среде составляла около 0,5 %, количество KNO_3 - около 1 %.

Это способствовало переключению энергетического обмена микроорганизма на нитратное дыхание, которое происходило с увеличенной интенсивностью, благодаря обильно выросшей клеточной биомассе. Можно предположить о формировании аналогичных условий дефицита кислорода в микроразонах хорошо аэрируемых почв, где развиваются подобные микроорганизмы.

Увеличение концентрации глюкозы значительно стимулировало процессы диссимиляторной нитратредукции (рис.). Это, вероятно, объясняется увеличением количества субстрата, поставляющего водород для данных процессов.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ГЛЮКОЗЫ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
НИТРАТА И ПОТЕРИ АЗОТА ИЗ СРЕДЫ ПРИ РАЗВИТИИ НЕКО-
ТОРЫХ ЧИСТЫХ КУЛЬТУР ПОЧВЕННЫХ БАКТЕРИЙ

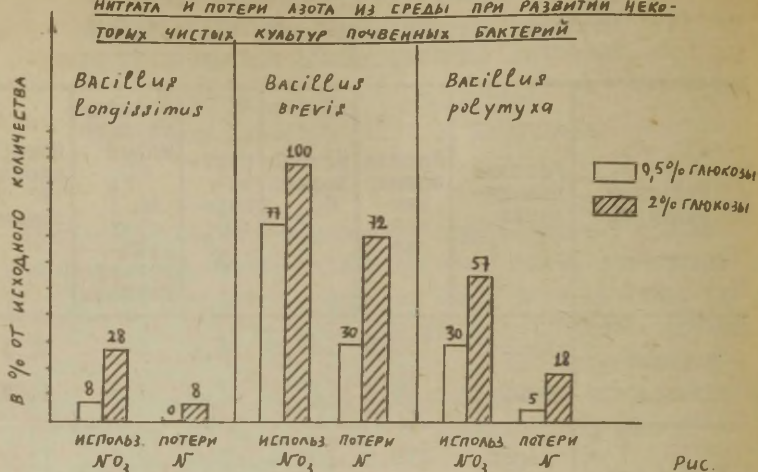


Рис.

Способность к диссимиляторной нитратредукции у всех изученных культур резко возрастала при развитии на сложной комплексной среде, отличавшейся от ранее использованных сред набором источников углерода, присутствием микроэлементов и дополнительных факторов роста, а также увеличенной в 2 раза концентрацией железа. Приводим состав этой среды: 1 л дист. H_2O ; 0,3 г MgSO_4 ; 0,5 г NaCl ; 0,1 г CaCl_2 ; 0,02 г FeCl_3 ; 10 г (1 %) KNO_3 ; смесь микроэлементов; 20 г (2 %) глюкозы; 0,5 г молочной кислоты; 1 г уксуснокислого Mg ; 0,5 г яблочной кислоты; 5 мг M дрожжевого автолизата; 1/300 моля фосфатной буферной смеси ($\text{K}_2\text{HPO}_4 + \text{KH}_2\text{PO}_4$). Затем стерильно к среде добавлялись $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ в количестве 10 мг M и смесь витаминов группы „В“. Реакция среды устанавливалась нейтральной. Эта среда представляет собой видоизмененную среду Федорова и Калининской (2), разработанную ими для выращивания азотфиксирующих микроорганизмов. Концентрация железа была увеличена нами по той причине, что оно является основным металлическим компонентом ферментных систем, участвующих в последовательном восстановле-

нии нитрата. Азот фосфорнокислого аммония добавлялся в качестве дополнительного фактора роста, стимулирующего прохождение лаг-фазы, в течение которой происходит синтез необходимых ферментов.

В ходе дальнейшего изучения особенностей диссимиляторной нитратредукции выращивание микроорганизмов производилось на данной среде. Выяснилось, что одни микроорганизмы нуждаются в строго специфичных условиях для ее осуществления, другие менее требовательны в этом отношении. Так, например, кокковидная бактерия 7-9 чо, выделенная из мощного чернозема, диссимилировала нитрат только при развитии в аэробных условиях в присутствии тиагликолата а - вещества, понижающего окислительно-восстановительный потенциал среды, и постоянном нейтральном pH. *B. brevis*, наоборот, обладала высокой диссимиляторной нитратредуктазной способностью в условиях широкой вариабельности внешней среды, но интенсивность процесса зависела от обеспечения культуры кислородом. В таблице 2 частично представлены результаты этих наблюдений, где дано сравнение течения диссимиляторных процессов при нормальном доступе кислорода и в микроаэрофильных условиях. Оптимальный режим аэрации для диссимиляции нитрата *B. brevis* и *B. oligotrophicus* создавался при недостатке кислорода. У обеих культур в этих условиях клетки были окрашены в интенсивно розовый цвет, тогда как при обычной аэрации стационарной культуры они оставались бесцветными. О подобных фактах известно из литературы (3, 5). Авторы объясняют данное явление увеличением содержания цитохромов в клетках микроорганизмов при переходе от кислородного дыхания к нитратному. У других испытанных культур диссимиляторные процессы восстановления нитратов происходили интенсивнее в аэробных условиях.

Химизм процесса диссимиляторной нитратредукции определяется природой микроорганизма и условиями его развития. Независимо от режима аэрации, у *B. brevis* и 7-9 чо не обнаруживались промежуточные продукты восстановления нитрата к моменту завершения процесса. В отличие от них *B. polytuxa*

Таблица 2

Баланс азота и химизм восстановления нитрата в результате развития микроорганизмов при различных условиях аэрации (средние данные из 3-16 повторностей опыта)

Куль- туры микро- орга- низ- мов	Усло- вия аэра- ции	Вос- ста- нов- лено NO ₃ ⁻ %	Содержание азота в конце опыта в:					Содержа- ние в исход- ной сре- де и по севном матери- але, мг	По- тери из сре- ды, %
			NO ₂ ⁻	NE ₂ OH	NE ₃	клетках	культ. среде		
B. bre- vis	аэроб.	100,0	0,0	0,0	9,7	1,5	15,4	38,7	56,3
	микро- аэроф.	100,0	0,0	0,0	3,1	1,3	5,2	36,1	81,9
B. oligo- nitro- philus	аэроб.	99,4	6,4	0,0	9,0	2,3	13,6	38,9	59,0
	микро- аэроф.	100,0	0,0	0,0	4,8	8,5	1,1	36,1	73,4
7-9мс	аэроб.	-	0,0	0,0	8,0	2,8	10,7	38,7	65,1
	микро- аэроф.	-	0,0	0,0	0,0	4,8	32,7	36,1	0,0
B. poly- stuxa	аэроб.	99,6	7,5	0,6	16,4	0,5	-	38,6	-
	микро- аэроф.	99,6	1,3	0,3	5,7	0,2	-	36,0	-

Примечание: анализы производились в период оконча-
ния экспоненциальной фазы роста.

образовывала нитрит и гидроксиламин при различной аэрации, но количества их изменялись в зависимости от доступа кис-
лорода. Культура *B. oligonitrophilus* восстанавливала нитрат до нитрита только в аэробных условиях. Накопление аммиака и гидроксиламина данными культурами скорее всего обуслов-
лено ассимиляцией нитрата, т.к. последний присутствовал в качестве единственного источника азота. Наличие избыточ-

ных количеств аммиака, превышающих синтетические потребности клеток, вероятно, объясняется скоростью его образования, превышающей дальнейшее включение в синтез клеточных веществ.

Культура *B. pouluxii* представляет особый интерес, т.к. она накапливает довольно высокие количества нитрита при любом режиме аэрации. Благодаря этому свойству и параллельному образованию гидроксилamina и аммиака, подобные микроорганизмы могут опосредствовать химическим реакциям косвенной денитрификации.

На основании изложенного можно предположить о громадной роли диссимилаторных процессов восстановления нитратов в азотном балансе почв, осуществляемых микроорганизмами в разнообразных внешних условиях.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Федоров М.В. и Сергеева Р.В. Микробиология, 26, вып. 2, 137, 1957.
2. Федоров М.В. и Калининская Т.А. Доклады ТСХА, вып. 70, 145, 1961.
3. Fujita T. and Sato R., 1967. Journ. Biochem. v. 62, N 2, 230.
4. Kefauver M. and Allison F.E., 1957. Journ. Bacteriol., v. 73, 8.
5. Jam Y. and Nicholas D.J.D., 1969. Bioch. Bioph. Acta, v. 172, N 3, 450.

О ЗНАЧИТЕЛЬНЫХ РАЗЛИЧИЯХ В ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ОТДЕЛЬНЫХ ДЕНИТРИФИКАТОРОВ

В.Тохвер

Тартуский государственный университет

Уже за несколько десятков лет мнения почвенных микробиологов расходятся по вопросу о предотвращении денитрификационных потерь азота путем усиленной аэрации среды. Начиная с 1950-ых годов можно считать доказанным, что денитрификация принципиально не нуждается в строго анаэробных условиях [1, 2, 3]. Тем не менее, многими исследователями показано, что в естественных субстратах, например в почве, в известных случаях денитрификация значительно подавляется кислородом воздуха [1, 4]. В других же случаях такого эффекта не наблюдается, или же он проявляется лишь слабо. Сопоставляя такие данные с данными о качественных различиях состава денитрифицирующей микрофлоры в почвах, возникает вопрос — не обнаруживают ли различные денитрифицирующие бактерии различные физиолого-биохимические свойства, способные объяснить столь различные результаты? Освещению некоторых сторон этого вопроса посвящена излагаемая в настоящей статья.

Методика

Объектами исследований служили чистые культуры *Achromobacter agile* Bergey et al., 1923 и *Pseudomonas denitrificans* (Christ.) Bergey 1923. Эти виды часто встречаются в Эстонских почвах, при чем, по нашим данным, обильное наличие одного вида, как правило, сопровождается скудными титрами другого. Изучали растущие культуры, которые выращивали, после омоложения музейных культур, в среде Гильея в 1-литровых колбах в полном анаэробнозе (в атмосфере аргона) или же в условиях продувания среды стерильным воздухом с интенсивностью 1,5 объема в минуту. Это обеспечивало аэрированность среды на уровне максимальной растворимости кислорода возду-

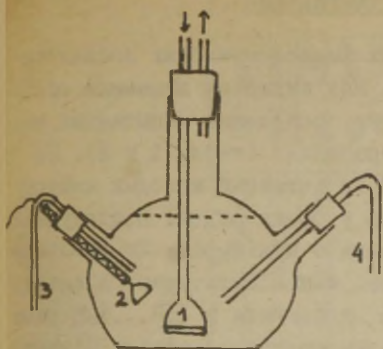


Рис.1. Колба для выращивания культур денитрификаторов. 1 - распылитель воздуха (аргона), 2 - платиновый электрод, 3 - агаровый мостик, 4 - сифон для взятия проб.

ха. При температуре инкубации ($+27,5^{\circ}\text{C}$) последняя соответствует $5,6 \text{ см}^3/\text{л}$ или $0,25 \text{ мкм О}_2/\text{мл}$. Определяли динамику основных показателей среды. Ен и pH культур определяли электрометрически, нитратный ($\text{NO}_3^- - \text{N}$), нитритный ($\text{NO}_2^- - \text{N}$), аммиачный ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) и общий азот - соответственно по Грандвалю, Гриссу, Несслеру и Кьельдалю, цитрат - пиримидиновым методом, растворенный O_2 - электрохимическим измерителем, сконструированным и изготовленным в ТГУ. Динамика численности клеток определяли прямым подсчетом под микроскопом. По

этим данным вычисляли активность денитрификации (в мкг N на 10^9 клеток в час) и использования цитрата, а также генерационные времена по возрасту культур. Для проведения операций вычисления была использована выведенная нами формула [5]

$$a = G_t / \int_0^t n(t)dt,$$

в которой a обозначает количество трансформированного субстрата за единицу времени в определенную стадию развития культуры, вычисленное на единицу численности клеток (в наших опытах - 10^9 клеток), G_t - количество трансформированного субстрата за промежуток времени t , n - растущее число клеток в единицах подсчета в последующие друг другу моменты за период времени t .

Кроме вышеуказанного, в различные моменты развития культур газометрически по Варбургу определяли потенциальную способность отцентрифугированных клеток к дыханию и денитрификации.

Результаты и обсуждение

Главнейшие результаты наших физиологических исследований изложены в таблицах 1...4. Как видно по динамике основных показателей растущих культур, поведение испытанных видов обнаруживает существенные различия (табл. 1 и 2). Во всех опытах инокульти состояли из активных молодых клеток. Лаг-фаза, поэтому, была коротка у обоих видов. Последующая же экспоненциальная фаза протекла в культурах *Ps.denitrificans* значительно энергичнее, чем в культурах *A.agile*. Титры клеток *Ps.denitrificans* достигали в 1,6...1,8 раза более высокие значения, чем титры клеток *A.agile*. В аэробных культурах первый вид приступал к стационарной фазе роста в 30...36-часовом, в анаэробных культурах - в 42...48-часовом возрасте. Для второго эти показатели составляют соответственно 48...54 и 60...72 часов. Более высокому темпу роста *Ps.denitrificans* соответствует меньшее значение генерационного времени (табл. 3).

Заслуживает внимание явно различное отношение изученных видов к условиям аэробности среды. Это видно по всем показателям культур, но особенно четко сказанное выявляется по данным, характеризующим уровень отрицательной индукции нитратовосстановления азотацией среды. Правда, если судить только по валовым данным денитрификации (табл. 1 и 2), различия в этом отношении будут не очень большими, так как большие числа клеток в аэробных культурах значительной частью маскируют их меньшую денитрифицирующую активность, но по данным табл. 3 и 4 без всяких сомнений видно, что денитрифицирующая активность у *Ps.denitrificans* подавляется кислородом воздуха многократно сильнее, чем у *A.agile*.

Сравнивая данные об эффективности синтеза живого вещества (по приросту общего азота) с данными об активности использования цитрата и проведения денитрификации (последнее - в анаэробнозе), будут видными значительные различия в физиологии изученных видов и в эффективности использования энергетического вещества.

Динамика основных показателей культур *Aohr.agile*

(средние данные пяти опытов)

аэр. = аэробные культуры, ан. = анаэробные культуры

Возраст культур, ч.	Число клеток 10^6 /мл		Еh, мВ		рН		NO_3^- -N, мкг/мл		NO_2^- -N, мкг/мл		NH_4^+ -N, мкг/мл		N общий, мкг/мл		Цитрат, мкг/мл	
	аэр.	ан.	аэр.	ан.	аэр.	ан.	аэр.	ан.	аэр.	ан.	аэр.	ан.	аэр.	ан.	аэр.	ан.
0	3,5	3,1	481	449	6,57	6,51	99	97	0	0	0	0	0	0	1000	980
6	5,49		510		6,59											
12	12,6	6,0	501	372	6,61	6,56	95	95	0	0	0	0	0,7	0,1	955	930
18	30,8		489		6,67											
24	48,2	16,1	475	364	6,71	6,53	86	87	сл.	0	0	0	2,1	0,72	855	860
30	192		446		7,04											
36	350	68,4	407	353	7,74	6,59	61	66	2,21	0	0	0	10,6	2,64	640	710
42	420		346		8,23											
48	851	123	336	268	8,28	6,66	24	44	2,97	0	0	0	24,8	4,12	410	630
54	768		339		8,33											
60		216	328	228	8,39	6,90	10	17	2,73	сл.	0	0	24,3	8,93	282	530
66			298		8,37											
72		223	319	182		7,24	0	2	0,25	2,04	2,04	0	24,5	9,67	180	480

Динамика основных показателей культур *Ps.denitrificans*

(средние данные трех опытов)

аэр. = аэробные культуры, ан. = анаэробные культуры

Возраст культуры, ч.	Число клеток, 10^6 /мл		NO_3^- -N, мкг/мл		NO_2^- -N, мкг/мл		NH_4^+ -N, мкг/мл		N общий, мкг/мл		Цитрат, мкг/мл	
	аэр.	ан.	аэр.	ан.	аэр.	ан.	аэр.	ан.	аэр.	ан.	аэр.	ан.
0	2,0	2,0	99	99	0	0	0	0	сл.	сл.	994	994
6	3,4	2,5										
12	13,1	6,6	94	93	сл.	сл.	0	0	0,82	0,30	910	932
18	121	38										
24	480	104	72	51	1,4	3,3	0	0	12,3	2,41	650	760
30	1020	268										
36	1042	454	32	19	сл.	1,2	0	0	32,3	15,8	340	570
42	1030	562										
48	1040	622	23	6	сл.	сл.	0	0	32,2	18,2	150	410
60	980	610	17	сл.	сл.	0	2,8	2,1	32,0	17,4	74	370
72	920	615	15	0	сл.	0	3,9	2,2	31,1	16,5	24	360

Т а б л и ц а 3

Динамика некоторых физиологических свойств
денитрификаторов, определенных в растущих культурах

Возраст куль- туры, ч	<i>Achromobacter agile</i>					
	аэробные культуры			анаэробные культуры		
	гене- рац. время мин.	активность денитри- фикации, $\text{NO}_3^- - \text{N}$, мкг/10 ⁹ .60'	активность использ. цитрата, мкг/10 ⁹ .60'	гене- рац. время мин.	активность денитри- фикации, $\text{NO}_3^- - \text{N}$, мкг/10 ⁹ .60'	активность использ. цитрата, мкг/10 ⁹ .60'
0...12	390	27,5	375	756	96,8	1600
18...24	373	21,9	258	506	75,6	630
30...36	252	7,58	106	345	47,8	364
42...48	562	3,46	36,4	850	18,5	72
54...60		1,53	13,4	889	10,8	50
66...72		1,14	11,3		5,67	19,7

	<i>Pseudomonas denitrificans</i>					
	аэробные культуры			анаэробные культуры		
6...12	266	6,18	1230	416	113	1350
18...24	138	4,80	123	180	81,9	352
30...36	646	1,90	26,5	339	66,2	61
42...48		0,73	15,3	1580	17,5	24
54...60		0,51	6,4			5,4
66...72		0,25	4,4			1,4

Т а б л и ц а 4

Потенциальная способность клеток денитрификаторов
к дыханию и денитрификации, в зависимости от возраста

(по определению в аппарате Варбурга)

Возраст культуры, ч.	Способность к дыханию, мм O_2 /10 ⁹ кл.15 мин.				Способность к денитри- фикации, мм N_2 /10 ⁹ кл.15 мин			
	A.agile		Ps.denitr.		A.agile		Ps.denitr.	
	аэр. +)	ан. +)	аэр. +)	ан. +)	аэр. +)	ан. +)	аэр. +)	ан. +)
24	24	3,8	41	1,0	2,9	4,3	0,5	5,2
36	21		32					
48	15	2,2	12	1,8	2,0	4,1	0,2	4,3
60	4,8		3,6					
72	2,5	1,4	3,1	0,5	1,0	2,7	0,2	2,4

+) Режим выращивания культур, из которых клетки выделяли
для проведения газометрических опытов

Если к указанному прибавлять и значительно более высокую
дыхательную активность Ps.denitrificans то можно сказать, что
нельзя уравнивать различные виды денитрификаторов применением
для характеристики их метаболизма общих терминов. В действи-
тельности же, например, A. agile стоит значительно ближе к
анаэробным микробам, чем Ps.denitrificans и наоборот - пос-
ледний стоит ближе к настоящим аэробным организмам. В соот-
ветствии с этим A.agile заслуживает название "факультатив-
ный анаэроб", а Ps. denitrificans - "факультативный аэроб".

Интересным является, по нашему взгляду, явно наблюдае-
мое ослабление как денитрификационных, так и дыхательных
способностей клеток A.agile и Ps.denitrificans за время
инкубации (табл.3). Можно думать, что такое ослабление от-

ражает лишь ухудшение условий существования в закрытых растущих культурах и не затрагивает потенциальных способностей клеток, но опыты в аппарате Варбурга, проведенные с использованием клеток, отцентрифугированных из культур различного возраста и внесенные в строго одинаковые условия, убеждают нас в том, что за время культивации происходят настоящие глубокие изменения в физиологических способностях денитрификаторов (табл.4). За 48 часов (от 24-часовой до 72-часовой культуре) дыхательная способность изученных видов снижалась в 10...13 раз, а денитрифицирующая способность - в 1,5...3 раза.

Т а б л и ц а 5

Накопление запасных энергетических веществ
в клетках *A. agile* на цитратной среде Гильтея
(в % от сухого веса)

Условия выращ. Возраст культуры,	аэробные		анаэробные	
	16	30	48	92
Полисахариды	4,2	6,1	4,2...5,0	7,4...8,1
Поли- β -оксимас- ляная к-та	-	-	1,1...2,7	1,2...3,6

В зависимости от вида денитрификатора к 48...60-ому часу инкубации в анаэробных и приблизительно к 60-ому часу в аэробных условиях запасы нитратов практически были исчерпаны. По существу прекращалось и дыхание, но культуры все-же продолжали некоторую жизнедеятельность. Возникает вопрос - за счет каких энергетических процессов это происходило? Прямых данных для ответа на этот вопрос в нашем распоряжении пока нет, но некоторое значение в этом деле имеют, по нашему мнению, приведенные в табл.5 данные. Эти данные по-

казывают, что в клетках *A. agile* за время культивации накапливаются значительные количества запасных энергетических веществ. Учитывая эти данные и основываясь на некоторых литературных указаниях о возможности переключения факультативных анаэробов на бродильный тип метаболизма [6], можно предполагать, что в старых культурах изученные денитрификаторы переходят к эндогенному метаболизму.

Заключение

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о значительных различиях в физиологических свойствах и способностях различных денитрификаторов. Определение качественного состава денитрифицирующей микрофлоры должно, поэтому, иметь первостепенное значение при оценке денитрификационных потенциалов естественных субстратов.

Литература

- [1] - R.O.Marshall, H.J.Dishburger, R.Mac Vicar, and G.D.Hallmark, J.Bact., 1953, 66, 3, 254. [2] - М.П. Корсакова, Микробиология, 1953, 22, 2. [3] - J.H. Carter, and F.E.Allison, Soil Sci., 1960, 90, 3, 173. [4] - F.E.Broadbent, and B.P.Stojanovic, Proc.Soil Sci. Am., 1953, 16, 359. [5] V.Tohver, Изв. АН БССР, Серия биол., 1965, 14, 2, 247. [6] P.Foeget, P. Pichinoty, Biochim.biophys. acta, 1964, 82, 441.

ИНДУЦИРУЕМОСТЬ НИТРАТРЕДУКТАЗНЫХ СИСТЕМ У НЕКОТОРЫХ ТИПИЧНЫХ ДЕНИТРИФИКАТОРОВ

В.Тохвер, А.Лавинг
Тартуский государственный университет

Денитрификация, хотя и приобретает в последнее время все более значительное место в различных физиологических и биохимических исследованиях микробов, является пока все же недостаточно изученным процессом. В особенности, пока неясны многие вопросы, связанные с энзимологической стороной биохимии процесса. Одним из таких вопросов является т.н. отрицательная индуцируемость денитрифицирующих энзимных систем кислородом воздуха, обсужденная одним из нас в пленарном докладе конференции. Целью исследований, результаты которых излагаются в настоящей статье, было изучение указанного явления у типичных денитрификаторов *Achromobacter agilis* Bergey et al., 1923 *Pseudomonas denitrificans* (Christ.) Bergey, 1923, часто встречаемых в различных почвах Эстонии. Исследования являются, при этом, продолжением физиологических работ над этими же объектами (см. стр. 294 и сл. настоящего сборника).

Методика

Объект-организмы выращивали для получения клеточной массы по методике, описанной - В.Тохвером на стр. 294 настоящего сборника, в полном аэробнозе (насыщение среды кислородом воздуха) и в полном анаэробнозе (насыщение бескислородной среды аргоном). Кроме того, третья часть культур выращивали в обычном образом ватными пробками закрытых колбах, которые не подвергали не к удалению кислорода, не к обогащению среды этим агенсом (т.н. микроаэробные культуры). Культивацию прекращали и клетки изолировали в экспоненциальной или в стационарной фазе роста культур.

В общем проводили следующие анализы:

1. Определение нитратредуктазной активности в суспен-

зиях нерастущих интактных клеток. Применяли приспособленную для наших целей методику Найзона и Иванса [1]. Экспозицию проводили в аэробнозе (продувание стерильным воздухом) и в анаэробнозе (опыты в атмосфере аргона) в 0,0015 М фосфатном буфере pH 6,8 в присутствии 0,2 % KNO_3 и Na-цитрата. В качестве фактора сохранения нитратредуктаз в активном состоянии применяли восстановленный глутатион в конц. 10^{-3} М [2]. Значения нитратредуктазной активности выражали в мкг накопившегося $NO_2^- - N$ на мг общего белка за минуту (активность нитритредуктазы подавляли прибавлением в среду экспозиции 10^{-4} М KCN). Учитывали результаты за 3-минутную экспозицию, в продолжение которой не происходило увеличения числа клеток ($2 \cdot 10^9$ клеток в мл) и аккумуляция нитритов зависела от времени линейно.

2. Определение нитратредуктазной активности в белковых растворах. Все операции выделения из белкового препарата, начиная с отцентрифугирования клеток до внесения белка в опыт проводили в холодильных условиях. Клетки разрушали в построенном в ТГУ дезинтеграторе, работающем по принципу "шок от освобождения от давления" под давлением 8000 атм. при температуре $-70^\circ C$. В качестве доноров электронов использовали восстановленные формы красителей с различными значениями E_0' : метилвиологен ($E_0' = -0,44$ в), метиленовый синий ($E_0' = +0,011$ в), тионин ($E_0' = +0,062$ в), все в концентрации 10^{-4} М. Экспозиционная среда содержала, кроме того, 0,2 мл раствора белка, 4 мл 0,1 М фосфатного буфера pH 6,8 и 0,1 М KNO_3 (последний - в качестве единственного терминального акцептора электронов). Экспозицию проводили в вакууме прямо в кюветах (в трубках Тунберга) спектрофотометра ОФ-14. В качестве восстановителя использовали дитионит. Об активности процесса судили по окисленному за единицу времени количеству красителя на мг белка. Определение проводили при максимуме поглощения восстановленного красителя (для метилвиологена - 609 нм, для метиленового синего - 667 нм, для тионина - 612 нм, для толуиленового синего - 664 нм).

3. Количественное определение цитохромов. Определения проводили в бесклеточных белковых суспензиях при помощи

двухлучевого дифференциального спектрофотометра типа Чанса в Ин-те биохимии им. А.Н.Баха АН СССР по методике Моховой [3]. Для получения дифференциального спектра цитохромов групп b, c и a в качестве восстановителя применяли дитионит, в качестве окислителя - феррицианид. В кюветы вносили 0,8 мл препарата белка и 2 мл 0,1 М фосфатного буфера pH 6,8.

Результаты и обсуждение

Принятая схема опытов позволяет судить о влиянии кислорода 1) на формирование нитратредуктазных систем (выращивание клеточной массы в аэробнозе или в анаэробнозе) и 2) на активность уже существующих энзимных систем (экспозиция не-растущих клеточных суспензий и белковых растворов в аэробнозе или в анаэробнозе). Кроме того, получены данные о сложении цитохромной системы в зависимости от аэробности среды выращивания клеток. Последние данные интересны не только по себе, но помогают истолковать и опыты по нитратвосстановлению.

По данным, приведенным в таблицах 1 и 2, видно, что для изученных видов денитрификаторов кислород воздуха является достоверным отрицательным индуктором. Во всех опытах без исключения аэрирование экспозиционных сред приводило к значительному снижению нитратредуктазной активности. Сказанное действительно как для интактных клеток, так и для белковых растворов. При этом, судя по абсолютным значениям разниц денитрифицирующей активности в аэробнозе и анаэробнозе, указанный эффект у *Ps.denitrificans* выражен существенно сильнее, чем у *A.agile* (исходить из абсолютных значений разниц следует потому, что уровни нитратредуктазной активности у изученных видов сильно различаются; это не позволяет использовать для сравнения значения относительных изменений).

По литературным данным известно, что в денитрификаторах действуют две различных системы нитратовосстановления - флавопротеидная ассимиляторная система, которая работает при окисл.-восст. потенциале - 0,06...± 0,0 в, и цитохромная диссимиляторная система, которая работает при потенциале выше + 0,2 в [4], [5].

Т а б л и ц а 1

Нитратредуктазная активность нерастущих
интактных клеток денитрификаторов

(по данным накопления $\text{NO}_2^- \text{-N}$, в мкг на мг общего белка)

Режим выращивания	Режим экспозиции	A. agile		Ps.denitrificans	
		1 мин.	3 мин.	1 мин.	3 мин.
Анаэробный	Анаэробный	0,11	0,32	3,70	4,35
	Аэробный	0,06	0,15	3,54	3,92
Микроаэробный	Анаэробный	0,25	0,83		
	Аэробный	0,07	0,17		
Аэробный	Анаэробный	0,48	1,38	2,01	2,15
	Аэробный	0,15	0,38	1,89	2,17

Т а б л и ц а 2

Нитратредуктазная активность белка денитрификаторов

(по данным окисления окислительно-восстановительных
красителей, в 10^{-5} М на мг общего белка за 1 мин.
в пределах линейной зависимости от времени)

Организм	Режим выращивания	Метил- виологен ($E_o' =$ - 0,44 в)	Метилено- вый, синий ($E_o =$ + 0,011 в)	Тионин $E_o' =$ (+ 0,062в)	Толу- илено- вый синий ($E_o =$ +0,115в)
A.agile	Анаэробный	354	20,7	9,04	0
	Аэробный	55,6	13,2	4,87	0
Ps.de- nitri-fi- cans	Анаэробный	820	17,4	7,60	0
	Аэробный	108	10,2	2,18	0

Т а б л и ц а 3

Содержание цитохромов в клетках денитрификаторов
(в 10^{-3} нм на мг общего белка)

Режим выращивания клеток	Фаза роста культурн	Группы цитохромов				Отношение a:b:c
		a	b	c	Сумма	
Achromobacter agile						
Анаэробный	Экспон.	0,59	3,73	5,49	9,81	1:6,2:9,2
"	Стац.	1,12	9,03	13,8	23,9	1:8,1:12,3
Аэробный	Экспон.	0,86	2,34	2,70	5,90	1:4,3:4,5
"	Стац.	1,33	5,72	6,00	13,1	1:3,7:3,1
Pseudomonas denitrificans						
Анаэробный	Экспон.	1,95	8,55	13,0	23,5	1:4,4:6,7
"	Стац.	2,20	3,20	4,36	9,76	1:1,5:2,0
Аэробный	Экспон.	0,42	1,07	1,09	2,58	1:2,5:2,5
"	Стац.	2,30	4,32	5,35	12,0	1:1,9:2,3

Представленные в табл. 1 и 2 данные прямо не позволяют сделать заключения об относительной доли той или другой системы в клетках изученных денитрификаторов, но само существование систем четко видно из этих данных, так как метиленовый синий и тионин, из-за высоких значений E_0' , флавопротеидными системами окисляться не могут. Отсутствие же автооксидации нами доказано соответствующими контролями. Следует отметить, что по абсолютным результатам окисления этих красителей в условиях, где единственным терминальным акцептором электронов служат нитраты (без нитратов никакого окисления не происходило, несмотря на присутствие белка и красителя), нельзя сделать выводы о размерах цитохромной системы. Дело в том, что красители, кроме виологеновых, по причине их молекулярных свойств не являются очень хорошими

донорами электронов для микробных белков. Многим исследователям вообще не удалось их использовать. Тем не менее, по косвенной оценке можно заключить, что у *Ps.denitrificans* цитохромная диссимиляторная система выполняет более значительную роль, чем у *A.agile*. Такой вывод основывается на общеизвестном положении, по которому цитохромные звенья цепи транспорта электронов более чувствительно реагируют на влияние кислорода, чем другие звенья ЦТЭ, и на наших данных, по которым анаэробизм вызывает у *Ps.denitrificans* более значительное подавление нитратовосстановления, чем у *A.agile*.

Анаэробное выращивание клеток способствует, как и можно было ожидать, формированию нитратредуктазных систем (табл.2). Неясным является пока только то, почему анаэробно выращенные клетки *A.agile* в сравниваемых вариантах экспозиции дают более слабые результаты, чем аэробно выращенные клетки (табл. 1). В анаэробнозе стимулировано и суммарное образование цитохромной системы - клетки будто бы стараются компенсировать меньшую эффективность денитрификации, по сравнению с дыханием, более интенсивным синтезом цитохромов (табл.3). Исключением являются цитохромы группы а, которые характерны для аэробного дыхания. В связи с этим, при анаэробном выращивании уменьшается отношение цитохромов а к цитохромам б и с. В полном соответствии со снижением дыхательной способности клеток (см.стр. 294) это отношение станет более узким при устарении культуры.

Заключение

Нитратредуктазные системы типичных денитрификаторов *A.agile* и *Ps.denitrificans* по различной мере подчиняются отрицательной индукции со стороны кислорода воздуха. Судя по чувствительности к влиянию O_2 и сильному развитию цитохромов группы а, *Ps.denitrificans* находится ближе к аэробным организмам, чем *A.agile*.

Литература

[1] - A.Nason and J.Evans, In: "Methods in Enzymology" (ed. S.P. Colowick and N.O.Kaplan), vol.II, p.411...423.

Acad.Press Inc. New York, 1955. [2] - D.Nicholas and A.
Nason, J.Biol.Chem., 1954, 211, 183. [3] - Е.Н. Мохова,
Биофизика, 1964, 10, 571. [4] - F.Pichinoty, Bull.
Soc.Franc.Physiol.Veg., 12, 97. [5] - V.Tohver, X Congr.
Int.Microbiol., Mexico. Resumenes. Mexico, 1970, p.40.

УСВОЕНИЕ АЦЕТАТА АХРОМОВАСТЕР АГЛЕ

Я.Симискер, М.Варьян

Тартуский государственный университет

Механизмы усвоения ацетата, как единственного источника углерода и энергии микроорганизмами, зависят от типа последних. У аэробных микроорганизмов включение ацетата в метаболизм, как правило, связан глиоксилатным циклом (1). Глиоксилатный цикл участвует в усвоении ацетата и у некоторых анаэробных бактерий (2; 3). Но у большинства анаэробных бактерий, которые способны развиваться на ацетате или этаноле, ключевые ферменты глиоксилатного цикла отсутствуют и усвоение ацетата у них связано с восстановительным карбоксилированием ацетата (1; 4; 5).

В связи с вышесказанным нам представлялось интересным исследовать усвоение ацетата у денитрифицирующих бактерий, которые занимают промежуточное положение между типичными аэробными и анаэробными микроорганизмами. Объектом исследований был выбран *Achromobacter agile*.

Методика.

Бактерии выращивали на среде следующего состава: 1,44 г ацетата натрия; 1 г KH_2PO_4 ; 1 г K_2HPO_4 ; 2 г MgSO_4 ; 0,2 г CaCl_2 ; 0,5 г NaHCO_3 и FeCl_3 в следах на 1000 мл дистиллированной воды. Для создания анаэробных условий пространство над питательной средой в склянках заполняли аргоном. В процессе роста бактерий определяли: белок по Лоури (6); ацетат титрованием 0,01 N NaOH после отгонки из среды и нитрат колориметрически фенолсульфоновой кислотой.

Суспензии клеток готовили в 0,1 M фосфатном буфере pH 7,0. Анаэробные условия в опытах с суспензиями клеток создали продуванием инкубационной смеси азотом. Опыты по изучению кратковременной ассимиляции ^{14}C - соединений провели по методике Найта (7).

Бесклеточные экстракты получили разрушением замороженных (-40°C) клеток с помощью пресса типа Hughes, с последующим центрифугированием в течение 20 мин. при 8.000. Активность изоцитратлиазы определяли в надсадочной жидкости по Сиррет (8).

Результаты и обсуждение.

Проведенные нами исследования показывают, что денитрифицирующие бактерии *A. agile* способны расти на среде, содержащей в качестве единственного органического источника углерода и энергии ацетат. Для нормального развития культур в таких условиях среда должна содержать бикарбонат. Динамика употребления ацетата и нитрата и накопление белка в растущих культурах изображена на рис. 1. Как видно из рисунка, логарифмическая фаза культур, растущих на среде с бикарбонатом, начинается с 25 ... 30 часов после инокуляции и стационарная фаза — 60 ... 70 часов. В опытах, в которых в среду не добавляли бикарбонат, начало логарифмической фазы задерживалось (рис. 1).

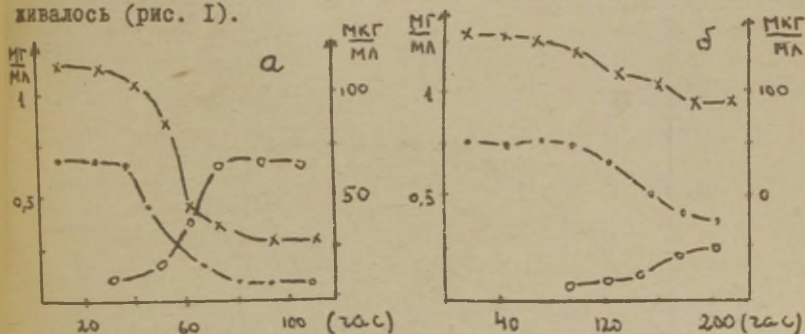


Рис. 1. Использование ацетата и нитрата растущими культурами.
а — среда с NaHCO_3 ; б — среда без NaHCO_3 ; —x— ацетат (мг); --- нитрат (мг); —o— белок (мг)

Бикарбонат стимулировал употребление ацетата и нитрата также в суспензиях клеток (рис. 2). Надо отметить, что к употреблению ацетата и нитрата способны только суспензии клеток, приготовленные из молодых культур (48 часов). Су-

жизни клеток, приготовленные из старых культур (70 часов), ацетат и нитрат не употребляли. Наоборот, в инкубационной среде содержание летучих кислот в течение опыта увеличивалось, что указывает на разложение эндогенных субстратов.

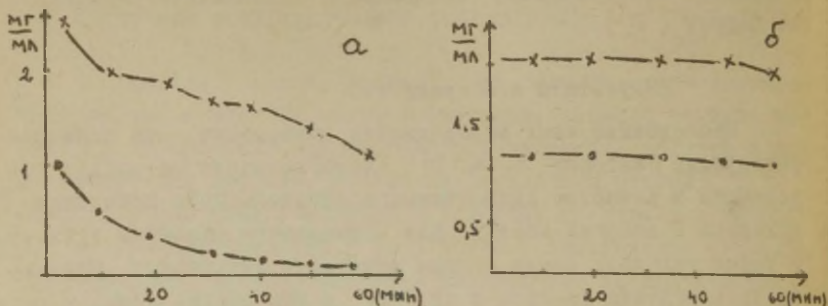


Рис. 2. Использование ацетата и нитрата суспензиями клеток.
 а - среда с NaHCO_3 ; б - среда без NaHCO_3 ; -x- ацетат; -.- нитрат.

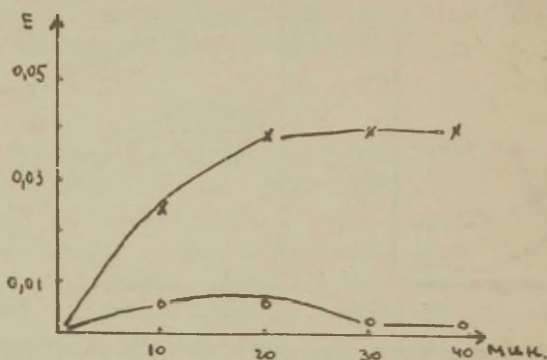


Рис. 3. Образование глиоксилата из цитрата в бесклеточных экстрактах *A. agilis*:
 E - оптическая плотность гидрозоны глиоксилата;
 x - экстракты из клеток, выращенных на среде с ацетатом,
 o - экстракты из клеток, выращенных на среде с цитратом.

Определение продуктов кратковременной ассимиляции I^4 C-ацетата и $NaH^{14}CO_3$ показало, что I^4 C из этих соединений быстро включается в промежуточные продукты глиоксилатного и цитратного цикла и в аминокислоты, образующиеся из последних, - в малат, цитрат, аспартат и глутамат.

Бесклеточные экстракты *A. agile*, приготовленные из клеток, выращенных на среде с ацетатом, катализируют образование глиоксилата из цитрата (рис. 3), что указывает на нахождение в экстрактах аконитазы и изоцитратлиазы.

Характер образования продуктов кратковременной ассимиляции I^4 C-ацетата и нахождение в бесклеточных экстрактах изоцитратлиазы позволяет предполагать, что в ассимиляции ацетата у *A. agile* участвуют реакции глиоксилатного и цитратного циклов.

Литература

- 1) W.S.Wegener, H.C.Reeves, R.Rabin, J.Samuel. Bact. Rev., vol.32, p.1 (1968).
- 2) H.L.Kornberg, J.Lascelles. J. Gen.Microbiol., vol.23, p.551 (1960).
- 3) M.Losada, A.V.Trebest, S.Ogata, D.Arnon. Nature, vol.186, p.753 (1960).
- 4) B. B.Buchanan, R.Bachofen, D.Arnon. Proc.Nat.Acad.Sci.U.S., vol.52, p.839 (1964).
- 5) K.Decker, Ch.Barth, H.Metz. Biochem. Z., Bd.345, s472 (1966).
- 6) H.Lowry, T.Rosenberg, G.Farr, R. Randall. J.Biol.Chem., vol.193, p.265 (1951).
- 7) H.Knight. Biochem.J., vol.84, p.170 (1962).
- 8) P.J.Syrett. J.Ex.Bot., vol.17, p.641 (1966).

О БИОЛОГИЧЕСКОЙ МОБИЛИЗАЦИИ АЗОТА ТРИОКСИПУРИНА (мочевой кислоты) В ПОЧВЕ

К.А.Козлов

Всесоюзный н.-и. ин-т гидролиза растительных материалов

1. Круговороту пуриновых оснований в почве и экологическим аспектам этой проблемы уделяется все еще недостаточное внимание. По самым скромным подсчетам во внешней среде концентрируется около 450 тыс. тонн триоксипурина (по азоту) только за счет жизнедеятельности людей. Поэтому азот данной группы соединений должен играть известную роль азотном балансе почвы.

2. Процесс минерализации триоксипурина осуществляет уриказа (шифр 1.7.3.3.), которая катализирует его превращение в алантоин с образованием углекислого газа и перекиси водорода. На основе данной реакции разработан манометрический метод определения активности уриказы в почве (Козлов, 1970 г.; Козлов, Станикова, 1967 г.).

3. Изучена уриказная активность некоторых почв Восточной Сибири с учетом влияния эколого-географических факторов. Активность данного фермента оказалась не очень высокой и не превышала 1870 мкл O_2 /час.

Лимитирующими факторами для проявления активности в почве являются температура, концентрация водородных ионов, содержание гумуса, наличие микроэлементов, глинистых минералов, высокая растительность и т.п. Известно, что одним из продуцентов ферментов в почве являются микроорганизмы (Козлов, 1970). Развитие последних в почвах Восточной Сибири часто ограничено из-за нехватки доступных форм азота и углеводов. Поэтому были проведены соответствующие опыты по выяснению влияния вышеуказанных факторов среды на активность уриказы в почве.

4. Были выделены наиболее активные микроорганизмы - продуценты данного фермента и изучена кинетика накопления его в процессе роста и развития культуры, а также установлено влияние некоторых факторов среды на образование и продуцирова-

ние уриказы.

5. В условиях модельных опытов была выяснена роль некоторых микроорганизмов в создании уриказной почвы. Полученные данные свидетельствуют о существенной роли микробиоты в создании естественного энзимного уровня и мобилизации азота пуриновых соединений в почве.

6. Активность уриказы в почве подчиняется действию географических факторов среды: она увеличивается при движении с севера на юг и в этом отношении не отличается от активности многих гидролитических ферментов (Козлов, 1971). Показано, что минерализация азота триоксипурина играет значительную роль в мобилизации азотсодержащих органических соединений почвы Восточной Сибири.

СПОСОБНОСТЬ ДРОЖЕЙ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ПУРИНОВЫЕ И ПИРИМИДИНОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Вилкс С.Р., Витол М.Я.

Латв. Гос. университет Биологический факультет
каф. физиологии растений и микробиологии

В природе дрожжи в больших количествах распространены в субстратах, богатых слаборазложившимися растительными остатками (1, 2, 3, 4, 5). Такие субстраты помимо других высокополимерных органических веществ содержат значительное количество нуклеиновых кислот и продуктов их расщепления, которые могут служить источниками питания для различных микроорганизмов, в том числе дрожжей (6, 7). Имеются данные, что пуриновые и пиримидиновые основания могут служить хорошим источником азота, обеспечивающим нормальное развитие дрожжей различных видов (8, 9, 10, 11, 12), что использование и расщепление нуклеозидов и нуклеотидов дрожжами исследовано крайне слабо (8, 11).

Цель данной работы — исследовать способность использования и минерализации пуриновых и пиримидиновых соединений тех видов дрожжей, которые чаще встречаются в природных субстратах и, по мнению ряда экологов дрожжей (2, 13, 4, 5, 14), принадлежат к постоянным обитателям этих субстратов, главным образом, почвы.

Нами было проверено 40 культур почвенных дрожжей, из которых 23 штамма выделены из различных почв Латв.ССР в нашей лаборатории, и по возможности, определены до вида (15, 16), а 17 получены из коллекции почвенных дрожжей кафедры Биологии почв МГУ. Видовой состав исследованных дрожжей: *Williopsis saturnus* (2 штамма), *Hanseniaspora* sp., *Hansenula* sp., *Debaryomyces nicotiana*, *Lipomyces starkey*, *L.lipoferus*, *Zygotipomyces lactosus*, *Zygot.tetrasporus*, *Sporobolomyces roseus*, *Sp. holsaticus*, *Sp.para-roseus*, *Candida guilliermondii*, *C.tropicalis*, *C.krusei*

(2 шт.), *C. mycoderma*, *C. pulcherrima* (2 шт.), *C. melinii*, *Candida* sp., *Torulopsis aëria*, *T. candida*, *T. globosa*, *T. glabrata*, *T. famata*, *T. inconspicua*, *Cryptococcus laurentii* (2 шт.), *Cr. luteolus*, *Cr. diffluens*, *Cr. neoformans*, *Cr. albidus*, *Cr. terreus*, *Rhodotorula glutinis*, *Rh. mucilaginosa*, *Rh. rubra* и неопределенный штамм спорогенных дрожжей.

Исследованные соединения — аденин, аденозин, гипоксантин, инозин, урацил, уридин, цитозин, цитидин, тимин, АМФ, ИМФ, ЦМФ, УМФ (в работе использованы только 5' нуклеотиды). Для выявления способностей дрожжей расщеплять эти соединения, последние добавлялись к среде Ридер в качестве единственного источника азота (основания и нуклеозиды в количестве 0,1 %, нуклеотиды — 0,2 %. Контролем служила среда Ридер с 0,2 % $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$). Нуклеотиды параллельно проверялись и в качестве единственного источника фосфора. Этот метод удобен при проверке большого числа штаммов, поскольку ориентировочно о способности расщеплять данное соединение можно судить по наличию или отсутствию роста исследуемого микроорганизма. Рост проверялся нефелометрическим способом, а изменения химической структуры пуриновых или пиримидиновых производных в культуральной жидкости устанавливались при помощи метода восходящей распределительной хроматографии на бумаге. Идентификация химически превращенных исходных пуриновых и пиримидиновых соединений осуществлена в четырех хроматографических системах и по спектрам УФ поглощения и электрофоретической подвижности по ранее описанной методике (23).

Как видно из диаграммы, самыми хорошими источниками азота из всех проверенных соединений являются пурины со свободными аминогруппами — аденин, аденозин, АМФ. Часть дрожжей (20–25 %) довольствуется только азотом свободной аминогруппы, что вызывает накопление в среде гипоксантина. В отдельных случаях при использовании аденозина накапливается инозин и гипоксантин. Данные хроматографического анализа культуральной жидкости пока-

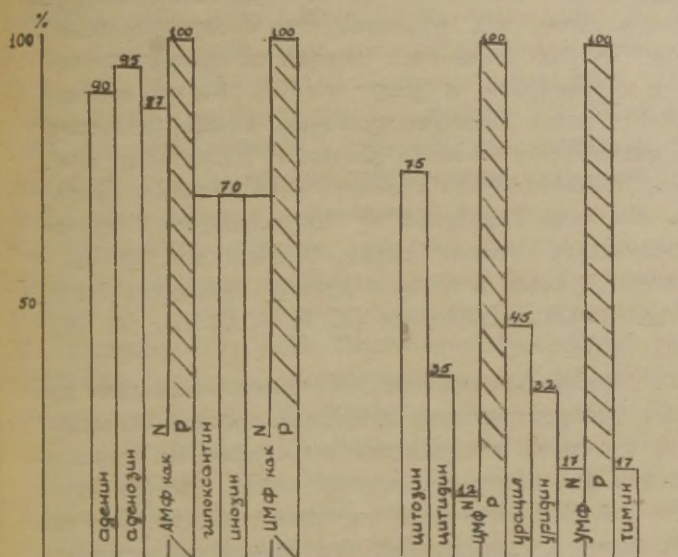
зывают, что большинство проверенных дрожжей аденозин и АМФ дезаминируют на стадии основания после расщепления N-глюкозидной связи. Но накопление в среде инозина при культивировании некоторых дрожжей, например, *Candida tropicalis*, *C. mucoderma*, *Cryptococcus luteolus* на среде с аденозином свидетельствует о том, что некоторые дрожжи способны дезаминировать его на уровне нуклеозида. До сих пор активность аденозиндезаминазы установлена у животных и некоторых бактерий и плесневых грибов (17). Прямое дезаминирование АМФ у проверенных дрожжей не установлена.

70 % исследованных дрожжей способны расщеплять пуриновые кольца полностью до образования NH_3 и CO_2 . Об этом свидетельствует способность этих штаммов использовать гипоксантин в качестве единственного источника азота, не накапливая при этом в среде промежуточных тривиальных продуктов катаболизма этого соединения. Данные La Rue, Spencer (8) при исследовании 123 видов дрожжей подтвердили, что все виды дрожжей, расщепляющие гипоксантин используют также ксантин, мочевую кислоту, аллантоин, аллантоиновую кислоту, мочевины.

Полученные нами данные свидетельствует о том, что большинство проверенных дрожжей способны активно расщеплять и пуриновые нуклеозиды и нуклеотиды.

Другие данные получены по отношению пириимидиновых соединений. Хорошим источником для большинства дрожжей (75 %) служит только цитозин. После дезаминирования расщеплять пириимидиновое кольцо образующегося урацила способны только 45 % проверенных дрожжей. Остальными дрожжами при росте на среде с цитозином в культуральной жидкости накапливается урацил. При использовании урацила, его расщепление осуществляется по восстановительному пути через стадию дигидроурацила. Самым труднодоступным основанием для дрожжей является тимин. Его способны использовать только 7 видов - *rhodotorula glutinis*, *Sporobolomyces roseus*, *Sp. holsaticus*, *L. starkey*, *L. lipoferus*, *Z. lactosus*, *Z. tetrasporus*, но все эти дрожжи широко

распространены в почве и других субстратах (2, 4, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 22), поэтому нельзя утверждать, что дрожжи не принимают участие в расщеплении тимина и его производных. Путь катаболизма тимина дрожжами *Rh. glutinis* и *Sporobolomyces* отличается от ранее известных путей и осуществляется через стадию урацила (23, 24, 25).



Степень использования почвенными дрожжами азота и фосфора пуриновых и пиримидиновых соединений

Нуклеозиды и нуклеотиды пиримидиновых соединений также расщепляются только отдельными видами дрожжей. Пока не установлено, является это следствием отсутствия у дрожжей пиримидиновых нуклеозидаз или соответствующих пермеаз. В то же время нуклеотиды служат хорошим источником фосфора в отсутствии неорганических фосфатов в среде.

Катаболическая активность дрожжей к экзогенным пуриновым и пиримидиновым соединениям не связано с систематическим положением дрожжей, что согласуется с литературными данными (8), но среди представителей отдельных родов намечается одинаковая активность или пассивность по отношению ряда соединений. Так, например, проверенные дрожжи родов *Rhodotorula*, *Sporobolomyces*, *Lipomyces* активно используют как пуриновые, так и пиримидиновые соединения, но род *Torulopsis* совсем не активен по отношению к пиримидинам, а среди *Candida* бывает как активные, так и менее активные культуры. Самыми активными дрожжами являются *Rhodotorula glutinis*, *Rh. macilaginosa*, *Rh. roseus*, *Sporobolomyces roseus*, *Sp. holsaticus*, *Sp. pararoseus*, все виды *Lipomyces* и *Zygoilomyces*, *Cryptococcus laurentii*, *Candida krusei*, *C. mycoderma*. Все они широко распространены в почве и других природных субстратах — на растениях, в водоемах (1, 2, 4, 5, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 22).

Таким образом установлено, что довольно высокие процент широко распространенных природных дрожжей способны расщеплять пуриновые и пиримидиновые соединения и использовать их как единственный источник азота, фосфора (нуклеотиды) и как дополнительный источник углерода. Это позволяет высказать предположение, что упомянутые дрожжи могут принять активное участие в расщеплении пуриновых и пиримидиновых соединений при разложении органических остатков в почве и других субстратах.

Л и т е р а т у р а

1. Lund A. 1954. Studies on the Ecology of Yeasts, Munksgaard. Copenhagen.
2. Menna M.E. di . 1959. J.Gen. Microbiol. 20, 13.
3. Милуштин Е.Н., Пушкинская О.И. 1960. Изв.АН СССР, сер. биол., № 5, 641. 4. Бабьева И.П., Головлева Л.А. 1963.

Микроорганизмы в сельском хозяйстве. Изд. МГУ, М., 231.

5. Бабьева И.П. 1968. Микроорганизмы в сельском хозяйстве. Вторая межвузовская научная конференция. Тезисы докладов. Изд. МГУ, М., 30.

6. Бурангулова М.Н. 1960. Сб. Биология нуклеинового обмена у растений. Уфа, 177.

7. Бурангулова М.Н. 1964. Сб. Биология нуклеинового обмена у растений. "Наука", М., 52.

8. Di Carlo F., Schultz A.S., Mc Manus. 1951. J. Biol. Chem., 189, Nr. 1, 151.

9. Di Carlo F., Schultz A.S., Kent A.M. 1952. J. Biol. Chem., 199, Nr. 1, 333.

10. La Rue T.A., Spencer J.F.T. 1968. Canad. J. Microbiol., 14, Nr. 1, 79.

11. Вилкс С.Р., Вульф Л.Я. 1972. Сб. Использование и трансформация пуриновых и пиримидиновых соединений микроорганизмами. Изд. Латв. Гос. ун., Рига.

12. Roush A.H., Questiaux L.M., Domnas A.C. 1959. J. Cellular Comp. Physiol., 54, 275.

13. Menna M.E. di. 1965. N.Z. J. Bot., 3, Nr. 3, 194.

14. Spencer J.F.T., Gorin P.A. J. 1971. Canad. J. Microbiol. 17, Nr. 7, 871.

15. Кудрявцев В.И. 1953. Систематика дрожжей. М., изд. АН СССР.

16. Lodder J., Kreger-van Rij N.J.W. 1952. The Yeasts. Amsterdam.

17. Williams V.R., Mc Intyre R.T. 1955. J. Bacteriol., 70, Nr. 5, 563.

18. Simard R.E., Blackwood A.C. 1971. Canad. J. Microbiol., 17, Nr. 2, 197.

19. Хасан Мевад А.А. 1967. Биология группы дрожжевых организмов почвы - липомицетов. Автореферат. М., изд. МГУ.

20. Бабьева И.П., Белянин А.И. 1966. Микробиология, XXV, вып. 4, 712.

21. Возняковская Д.М. 1963. Сб. Микроорганизмы в сельском хозяйстве. Изд. МГУ, М., 147.

22. Родина А.Т. 1960. Изв. АН СССР, сер. биол., № 5, 661.

23. Витол М.Я., Вилкс С.Р., Забаровска И.М., Мауриня Х.А. 1970. ДАН СССР, 192, № 4, 908.

24. Вилкс С.Р., Забаровска И.М. 1970. Материалы конф. молодых ученых. Изд. "Зинатне", Рига, 56.

25. Вилкс С.Р., Витол М.Я., Пурлаура И.М. 1972. Сб. Использование и трансформация пуриновых и пиримидиновых соединений микроорганизмами. Изд. Латв. ГУ, Рига.

ДЕГРАДАЦИЯ НУКЛЕОТИДОВ ГРИБОМ *PENICILLIUM SIZOWI*

Т.А.Попова, С.Л.Романов, А.М.Безбородов.

Институт биохимии и физиологии микроорганизмов АН
СССР, г.Пушкино.

Среди азотсодержащих веществ почвы видное место занимают нуклеиновые кислоты, содержащиеся в растительных остатках, а также микроорганизмах, населяющих почву. За счет ряда ферментных систем микроорганизмов почвы, таких как рибонуклеазы, дезоксирибонуклеазы, фосфодиэстеразы, происходит постепенная деградация нуклеиновых кислот до низкомолекулярных компонентов, в частности, нуклеотидов. В наших исследованиях на примере почвенного гриба *Pen.sizowi* показаны возможные пути энзиматической деградации нуклеотидов и дезаминирования образовавшихся продуктов.

Для обнаружения активности ферментов, дезаминирующих и деградирующих нуклеотиды и основания использовали диализат бесклеточного экстракта мицелия, полученный следующим образом. Односуточный мицелий гриба, выращенного в качалочных колбах при $28 \pm 1^\circ$ на синтетической среде * разрушали в 0,01 м трис- HCl буфере (pH 7,6) с 0,01 м $MgCl_2$ с бусами Балотини в измельчителе тканей РТ-2. Гомогенат центрифугировали при 30 000g 3 часа, диализовали 14 часов против 0,01 м трис- HClбуфера (pH 7,6) для удаления низкомолекулярных компонентов.

В качестве субстратов использовали 5'-АМФ, 5'-УМФ, 3'-УМФ, 5'-ЦМФ, аденозин, уридин, гуанозин, инозин, цитидин, аденин, урацил, гуанин, цитозин, фирмы Reanal

* Состав питательной среды (г/л):

глюкоза-30; NH_4NO_3 - 2,5; KH_2PO_4 -5,0; $CaCO_3$ -1,0;
 $Fe_2(SO_4)_3$ -сл; $MgSO_4$ -0,5

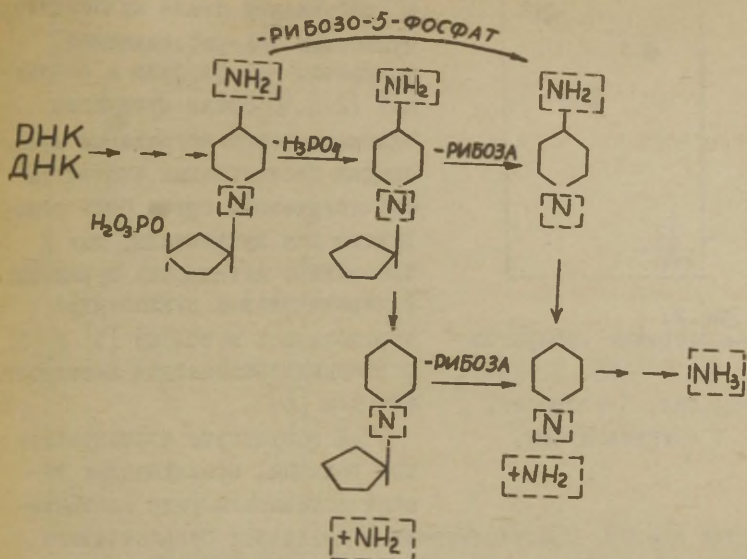


РИС. I. Схема деградации пиримидиновых производных с выделением азота.

(распространяется также и на производные пуриновых оснований).

Инкубационную смесь, содержащую 2 мкм одного из субстратов, 50 мкм трис-НС буфера (pH 7,0), 0,001 м MgCl_2 и диализат в общем объеме 1 мл инкубировали при $37 \pm 0,2^\circ$ в течение 1 часа.

Идентификацию образовавшихся продуктов реакции и непрореагировавшего субстрата проводили с помощью микро-тонкослойной хроматографии (рис. 2) [1].

В литературе имеется ряд сообщений как о дефосфорилировании нуклеотидов и дальнейшей деградации до соответствующих пуриновых и пиримидиновых оснований, так и о

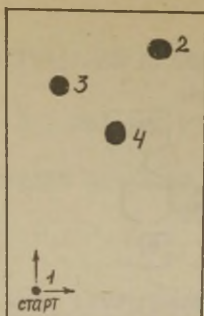


Рис.2.
Хроматограмма продуктов
распада 5'-АМФ. 1 -АМФ,
2 -аденин, 3-аденозин,
4 - гипоксантин.

непосредственном расщеплении N-рибозидной связи нуклеотидов нуклеозид -N-рибозидазой до рибозо-5-фосфата и оснований [2,3,4]. Среди продуктов энзиматической деградации нуклеотидов бесклеточным экстрактом анализируемого гриба были обнаружены как нуклеозиды, так и основания. Активность пуриновых и пиримидиновых нуклеозидаз определялась методами [3] и [5], пиримидиндезаминазная активность методом [6].

В результате ферментативных реакций, происходящих за счет активности ряда энзимати-

ческих систем, присутствующих в диализате бесклеточного экстракта, в качестве продуктов были обнаружены следующие вещества: из 3'-УМФ и 5'-УМФ образовались уридин и урацил. Из 5'-АМФ - аденозин, аденин и гипоксантин; из 5'-ГМФ - гуанозин, гуанин и ксантин. При деградации 5'-ЦМФ идентифицированы уридин и урацил.

Анализ продуктов деградации нуклеозидов, использованных в качестве субстратов, показал наличие соответствующих оснований и продуктов дезаминирования последних. И лишь цитидин не деградировал до цитозина, а образовывал уридин с последующим расщеплением его до урацила. Таким образом, в этом случае дезаминирование происходило также и на уровне нуклеозида.

Последнее подтверждалось опытами, проведенными с отмытыми клетками гриба в голодной среде (0,01 M Ацетатном буфере, pH 6,4) при добавлении к ней цитозина или цитидина. Помимо транспорта этих соединений в клетку происходило и их дезаминирование (рис.2). Добавленный уридин в этих же условиях деградировал до урацила, добавленный урацил входил в клетки без изменения.

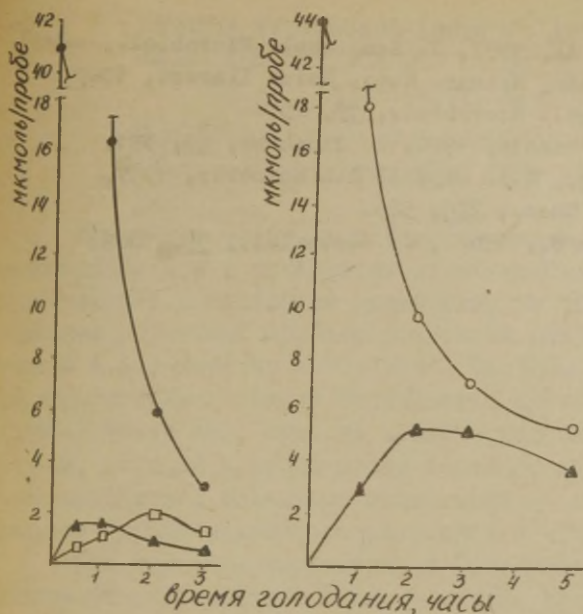


РИС.2. Кривые изменения количества добавленных цитидина и цитозина и продуктов их дезаминирования.
 - • - цитидин; - ○ - цитозин; ▲ - уридин; □ - урацил.

Полученные результаты дают возможность предположить, что в мицелии гриба, находящегося как в благоприятных для его развития условиях, так и в условиях голодания, содержится целый ряд ферментов, способствующих осуществлению последовательной деградации нуклеиновых кислот, результатом которой является выделение аммонийного азота. Последний вступает, как активный компонент, в систему круговорота азота.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.М.Безбородов, Л.В.Андреев, Д.Н.Черменский, Т.А.Попова, 1971 г., Прикладная биохимия и микробиология, т.7 вып.5, 537.

2. Kuninaka A., 1957, J. Gen. Appl. Microbiol., 3, 1
3. Akira Imada, Mitsuro Kuno, Seizi Igarasi, 1967.
J. Gen. Appl. Microbiol., 13, 255.
4. Matasaka Yoshio, 1970, J. Biochem., 68, 321.
5. Hurwitz j., Z.A. Heppel, B.L. Herecker, 1957,
J. Biol. Chem., 226, 525.
6. Karlstrom O., 1968 , J. Bacteriol., 95, 1069.

ВЛИЯНИЕ ИСТОЧНИКОВ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ И
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА СИНТЕТИЧЕСКУЮ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ *Bac. glutinosus*

М.Н. БУРАНГУЛОВА, Л.П. ТЕРНОВАЯ, А.П. ТЕРНОВОЙ
(Институт биологии БФАН СССР, Уфа)

Выяснение особенностей метаболизма у почвенных микроорганизмов в конкретных экологических условиях представляет в настоящее время одну из наиболее важных и наименее изученных проблем почвенной микробиологии (Имшенецкий А.А., Мишустин Е.Н., 1954). Особенно слабо изучены вопросы азотного обмена большинства почвенных микроорганизмов. Между тем, судя по немногочисленным литературным данным, условия и особенности азотного питания почвенных микроорганизмов оказывают существенное влияние на отдельные группы микробного населения в почве.

Как показали исследования Г.Н. Зайцевой (1965) раз-
личное азотное питание одних и тех же видов азотобактера не оказывало существенного влияния на аминокислотный состав их белков. Автор отмечает лишь незначительное количественное различие в аминокислотном составе белков трех видов азотобактера при выращивании их на питательных средах с различными источниками азота. Однако, по мнению Тристрана (1957) один и тот же аминокислотный состав белков микроорганизма может говорить не только об общности развития клеток микроорганизма, но и об одинаковых условиях их развития и существования.

Е.Н. Мишустин указывает, что широкое распространение в почвах северной зоны спороносных бактерий *Bac. mizoides* и *Bac. cereus* и незначительное количество их в почвах более южных зон объясняется тем, что эти бактерии нуждаются в органических соединениях азота и не способны усваивать минеральные соединения азота. Мишустин Е.Н. (1954) указывает также, что преобладание в почве определенных видов грибов или бактерий разрушающих клетчатку, также связано с особенностями их азотно-

ного питания. Так, по данным И.А.Мазилкина и О.М.Шлыковой (1954), хотя типичный *Bac megatherium* относится к группе бактерий, не способных развиваться на синтетических средах с минеральными источниками азота, однако при определенных условиях он может развиваться на нитратной среде не хуже, чем на белковой. При этом изменения условий азотного питания заметно влияют на состав и содержание свободных аминокислот и на аминокислотный состав белков бактериальной клетки. По-видимому, именно под влиянием экологических условий *Bac megatherium* - типичный представитель черноземов дал свою разновидность *Bac glutinosus*, который преобладает в серых лесных почвах Башкирии среди спороносных бактерий (И.А.Мазилкин, 1964).

Наши исследования были направлены на изучение влияния различных источников азотного питания и экологических условий на синтетическую деятельность *Bac glutinosus*. В качестве объекта исследований были взяты музейные культуры типичного *Bac megatherium* и 17 штаммов *Bac glutinosus*, выделенных из серых лесных почв Башкирской АССР М.Н.Бурангуловой и И.А.Мазилкиным.

Влияние различного азотного питания на синтетическую деятельность *Bac glutinosus* и *Bac megatherium* исследовали на сахарозо-аммиачном агаре и сахарозо-нитратном агаре. Культуру пассировали дважды на сахарозо-аммиачной среде, после чего смывали физиологическим раствором и высевали на чашки Петри с аммиачной и нитратной средами.

Суточную культуру снимали с агара и промывали водой, а затем центрифугировали при 9 тысячах оборотов. Декантат сливали, а осажденные клетки промывали спиртом и ацетоном. Высушенную культуру растирали и из полученной массы брали пробы на влажность, общий азот и для количественного определения аминокислот в гидролизате. Качественный и количественный анализ аминокислот производили методом хроматографии на бумаге по Т.С.Пасхиной

(1964), а содержание аспарагиновой кислоты также методом колоночной хроматографии на дауэксе 50 х 8 по методу Мура и Штейна (1954).

Нуклеазную активность бактерий на аммиачной и нитратной среде определяли осаждением нуклеиновой кислоты соляной кислотой по И.А.Мазилкину, М.Г.Кузнецовой (1964).

Сукциндегидрогеназную активность *Bac megatherium* и *Bac glutinosus* на средах с различным азотным питанием определяли с помощью хлорид-2,3,5-трифенилтетролия по окраске формазана В.И.Кушнарев, И.К.Благовещенский (1956).

Влияние нитратного и аммиачного азотного питания на содержание яблочной кислоты в экстракте бактериальной массы определяли по реакции конденсации экстрагированной яблочной кислоты с орцином.

Серые лесные почвы БАССР характеризуются определенным видовым составом почвенных микроорганизмов. Среди споровосных аммонифицирующих бактерий особый интерес представляет *Bac megatherium* и его разновидность *Bac glutinosus*. По данным И.А.Мазилкина и М.Г.Кузнецовой (1964) *Bac glutinosus* имеет наибольший удельный вес среди споровосных бактерий, в то время как удельный вес *Bac megatherium* составляет всего 1-2,3%.

Типичный *Bac megatherium* и его разновидность *Bac glutinosus* по разному относятся к карбонатным почвам и по разному растут на минеральных средах. Такое различие в усвоении минеральных солей дало повод для предположения о наличии особых биохимических путей азотного питания.

При исследовании нуклеазной активности было обнаружено, что *Bac megatherium* обладает значительно более высокой нуклеазной активностью по сравнению с *Bac glutinosus*. При этом нуклеазная активность *Bac megatherium* тормозится при выращивании с нитратной формой азотного питания, в то время как у *Bac glutinosus* она несколько увеличивается при указанной форме азотного питания.

Из исследованных 17 штаммов *Bac glutinosus* были отобраны три культуры, обладающие наиболее заниженной нуклеазной активностью на аммиачной среде и с повышенной активностью на нитратной.

Как показали исследования, природа ассимилируемых соединений азота не оказывает влияния на относительное содержание белка в бактериальной клетке исследуемых микроорганизмов. Аминокислотный же состав кислотного гидролизата белковой массы этих бактерий имеет различие. Так, по данным хроматографии на бумаге в гидролизате бактерий *Bac megatherium*, выросших на сахарозо-нитратной среде количество треонина и валина уменьшается по сравнению с таковым на сахарозо-аммиачной среде. Особенно снижается на нитратной среде количество аспарагиновой кислоты. В то же время в гидролизате бактерий *Bac glutinosus* аспарагиновой кислоты на нитратной среде в три раза больше (6,65), чем на аммиачной среде (2,0). Данные приведены в процентах от суммарного белка, принятого за 100%.

Приведенные результаты подтвердились и при исследовании аминокислотного состава белковых гидролизатов *Bac megatherium* и *Bac glutinosus* методом колоночной хроматографии на ионообменной смоле дауэкс 50 х 8.

Снижение нуклеазной активности у *Bac megatherium* на аммиачной среде согласуется с наличием аспарагиновой кислоты в белковом гидролизате этих бактерий. По-видимому, это связано с тем, что в состав нуклеазы входит до 15% аспарагиновой кислоты. По этой же причине выявляется аналогичная зависимость при выращивании *Bac glutinosus* на аммиачной среде.

Приведенные данные позволили сделать предположение о различных путях усвоения азота бактериальными клетками *Bac megatherium* и *Bac glutinosus*.

По данным И.А. Мазилкина (1959) образование аспарагиновой кислоты у *Bac megatherium* происходит путем аминирования щавелевоуксусной кислоты. В последнее время рядом работ установлено, что у некоторых микроорганиз-

мов аспарагиновая кислота с помощью фермента аспартазы может образовываться путем аминирования фумаровой кислоты (Р.К. Озолин, 1965; Б.П. Плешков, 1965). В связи с этим мы поставили перед собой задачу выяснить возможность образования аспарагиновой кислоты у *Bac glutinosus* на нитратной среде через фумаровую кислоту.

Для изучения данного вопроса мы определяли сукциндегидразную активность бактериальной массы *Bac glutinosus*, выращенной на аммиачной и нитратной средах. Оказалось, что во всех случаях в пробирках со взвесью микробов без добавления янтарнокислого натрия образования формаза не происходило. В пробирках, которые содержали микробную взвесь, собранную с аммиачной среды, окрашивание также не наступало, хотя янтарнокислый натрий добавляли.

Во всех пробирках, которые содержали микробную взвесь, собранную с нитратной среды, происходило образование формаза — интенсивное красно-фиолетовое окрашивание. Таким образом, при выращивании *Bac glutinosus* на аммиачной среде тормозится сукциндегидразная активность бактерий.

В то же время количественное изменение в содержании яблочной кислоты в бактериальной массе *Bac glutinosus* в зависимости от различного азотного питания не наблюдалось.

Полученные данные позволяют сделать предположение о том, что у *Bac glutinosus* на нитратной среде происходит синтез аспарагиновой кислоты с помощью фермента аспартазы путем аминирования фумаровой кислоты.

Выявлено, что количественный аминокислотный состав белка бактериальной клетки *Bac glutinosus* и *Bac megatherium* зависит от источников азотного питания. Характер азотного обмена меняется в зависимости от того, какие соединения азота ассимилируются. По-видимому, аммиачные и нитратные источники азота приводят к образо-

вании различных промежуточных продуктов - предшественников некоторых аминокислот.

Нуклеазная активность *Bac glutinosus*, выращенных на аммиачной среде значительно снижается по сравнению с нуклеазной активностью на нитратной среде, что отрицательно сказывается на росте микроорганизмов.

Обнаружено, что на аммиачной среде происходит торможение сукциндегидразы - фермента, с помощью которого происходит превращение янтарной кислоты в фумаровую, т.е. непосредственного предшественника аспарагиновой кислоты. На нитратной среде *Bac glutinosus* накапливает значительное количество активной сукциндегидразы и таким образом активизируется синтез фумаровой кислоты.

Полученные в наших исследованиях результаты должны иметь практическое значение при выборе азотного удобрения для почв, где *Bac glutinosus* преобладает над *Bac megatherium*.

Использованная литература

- Зайцева Г.И. Биохимия азотобактера. М., 1965.
Кушнарев В.И. Благовещенский И.К. Биохимия, т. 25, вып. 2, 1956.
Мазилкин И.А., Кузнецова М.Г. Известия Академии наук СССР, серия биолог. №4, 1964.
Мазилкин И.А., Бурангулова М.Н. В кн. "Серые лесные почвы", Уфа, 1963.
Мазилкин И.А., Шлыкова О.М. Известия Сибирского отделения АН СССР, №3, 1959.
Озолдин Р.К. Прикладная биохимия и микробиология, т. 1, вып. 6, 1965.
Пасхина Т.С. Современные методы в биохимии, М., 1965.
Плешков Б.П. Биохимия сельскохозяйственных наук, изд. "Колос", 1965.

ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ ПУТЬ ПРЕВРАЩЕНИЯ АЗОТА В ПОЧВЕ

Ф.Х.ХАЗИЕВ, Я.М.АГАФАРОВА, Н.А.КИРЕЕВА

Институт биологии Башкирского филиала
АН СССР, Уфа.

Преобладающая часть азота в почве находится в форме органических соединений, которые до 20–40% представлены протеиновыми веществами и аминокислотами, 5–10% аминокислотами, около 1% азотистыми основаниями нуклеиновых кислот и другими (1).

Органический азот сам по себе растениям недоступен. Прежде чем быть ассимилированными растениями азот-органические соединения претерпевают сложный цикл биохимического превращения, в процессе которого переходят в доступные формы. На каждой стадии отдельных этапов их трансформации принимают участие специфические ферменты. В почве обнаруживаются все гидролитические и окислительно-восстановительные ферментные системы, осуществляющие последовательное превращение азотсодержащих органических веществ через промежуточные стадии до минеральной нитратной формы и, наоборот, восстанавливающие нитратный азот до аммиака.

Первый этап мобилизации органического азота начинается с действия на них внеклеточных гидролитических ферментов почвенных микроорганизмов. Протеолитические ферменты гидролизуют пептидные и протеиновые компоненты органического вещества до свободных аминокислот. В результате деятельности последовательно действующей системы нуклеаз нуклеиновые кислоты распадаются с образованием азотистых оснований – пуринов и пиримидинов. Полимерные соединения аминокислот расщепляются под действием гликозидгидролаз с образованием гексозаминов. Все эти ферментные системы и группы ферментов в почве активно функционируют.

Следующая стадия превращения образующихся аминокислот, оснований, гексозаминов и других амидов – стадия

истинной аммонификации. При этом в результате действия микробов-аммонификаторов с помощью дезаминирующих гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов образуется аммиак. В почве из гидролитических дезаминаз (амидаз) подробно изучены уреазы, аспарагиназы, по активности окислительно-восстановительных дезаминаз сведения не известны (3). Образующийся в процессе аммонификации аммиак может быть ассимилирован растениями и микробами; при наличии в почве оксикислот часть аммиака вовлекается в процесс внеклеточного синтеза аминокислот с помощью ферментов аминотрансфераз. В почве из этой группы ферментов изучены аланин-трансфераза и глутамат-трансфераза (4).

В зависимости от почвенных условий определенная часть аммиачного азота окисляется до нитратной формы с участием нитрифицирующих микроорганизмов. В окислении аммония через промежуточные стадии до нитрата принимают участие различные окислительные ферменты. В начальную стадию под действием ферментов *Nitrosomonas* аммоний окисляется до гидроксилamina (5,6). Затем гидроксилamin в нитрит. Дальнейшее окисление нитритов в нитраты осуществляют уже ферменты *Nitrobacter*'a. Это железосодержащие цитохромоксидазные ферменты (2,7).

Считается, что ферменты, окисляющие аммиак и промежуточные продукты внутриклеточные. Однако, по-видимому, их действие не связано только с внутриклеточным их присутствием. В опытах бесклеточные экстракты *Nitrosomonas* (5,6) и *Nitrobacter*'a (7) осуществляли активную нитрификацию аммония, гидроксилamina и нитритного азота. На этом основании можно было предположить возможность наличия "нитрифицирующих" ферментов и в почве. Если даже эти ферменты и не внеклеточные, после отмирания нитрифицирующих организмов в процессе автолиза их клеток внутриклеточные ферменты попадут в почву и адсорбируясь смогут проявлять свои специфические функ-

ции как многие другие ферменты (3). Эти вопросы до сих пор оставались не исследованными.

Мы наблюдали, что когда в почву вносится аммиачный или нитритный азот и смесь выдерживается в стандартных условиях, принятых для определения активности почвенных ферментов, происходит превращение аммония в нитриты и нитраты, а нитриты окисляются в нитраты. На этом основании мы пришли к выводу, что в почве действуют ферменты, окисляющие восстановленные или менее окисленные формы азота до нитратов.

В почве в условиях анаэробнозиса совершаются и противоположные процессы – процессы восстановления окисленных форм азота до аммиака. В этих процессах участвует последовательно действующая система ферментов денитрифицирующих микроорганизмов – нитратредуктаза, нитритредуктаза и гидроксиминредуктазы (8-10).

В обобщенном виде схема участия отдельных групп ферментов на определенных стадиях превращения азотсодержащих органических и минеральных соединений приведена на рисунке.

Таким образом в почвах имеются все ферменты, которые участвуют на основных стадиях метаболизма азота. Процессы эволюции азота от высокомолекулярных азоторганических соединений до нитратов и наоборот, очевидно, осуществляются не только *in vivo* в клетках микроорганизмов, но и *in vitro* экстрацеллюлярными или поступающими при автолизе клеток эндоферментами.

Нами определялась активность некоторых ферментов азотного обмена в черноземах юго-западного Приуралья. Данные приведены в таблице. При определении протеазной активности пользовались методом Гофманна и Тейхера, уреазы, аспарагиназы, нитратредуктазы, нитритредуктазы определялись по методам Галстяна, активность аммоний-оксидазы и нитритоксидазы – по разработанным нами методам.

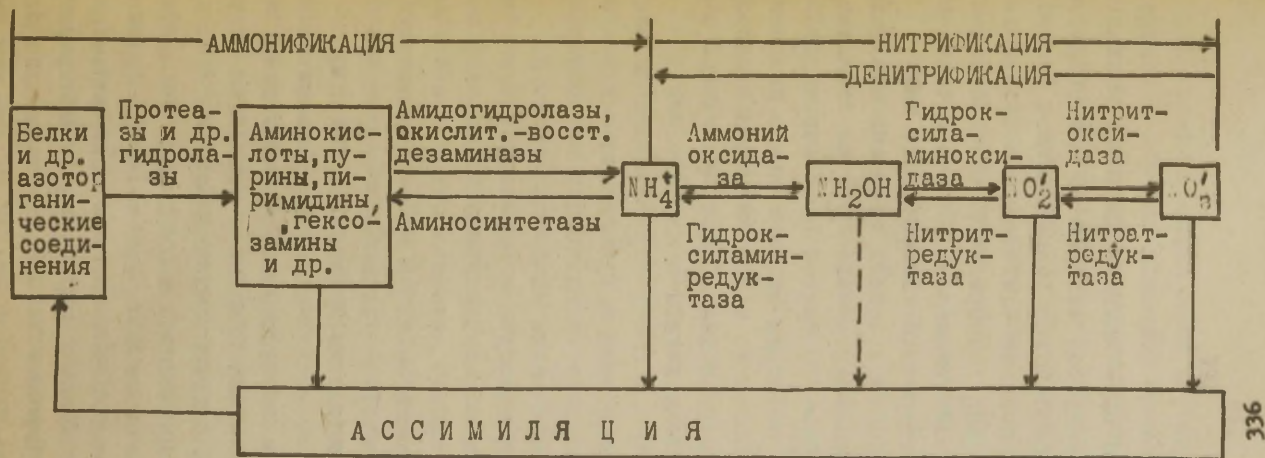


Схема участия ферментов в метаболизме азота в почве

Активность некоторых ферментов, участвующих в метаболизме азота в почве

Почва, черноземы № разреза	рН соле- вой	Гумус, %	Активность ферментов							
			Проте- азн, мг	Уреаза	Аспа- раги- наза	Аммоний ок- сидаза		Нитри- токси- даза	Нитрат- редукта- за, мг	Нитрит- редук- таза, мг
			аминно- го азо- та	мг NH_3 на 1 г почвы	на 1 г почвы	NO_2	NO_3	мг NO_2 на 1 г почвы	NO_3 на 10 г почвы	NO_2 на 1 г почвы
						мг на 100 г почвы				
Оподзолен- ный 10-71	5,5	12,09	105	2,63	4,13	2,2	4,4	2,0	4,3	10,84
Выщелочен- ный 6-70	5,8	8,06	155	1,41	4,33	1,3	3,7	5,1	5,6	15,10
Типичный 2-70	5,7	7,61	95	3,26	4,63	1,3	3,7	0,7	2,8	9,82
Карбонатный 1-70	7,6	6,38	140	2,18	4,40	0,9	2,5	2,7	2,5	10,61

337

В исследованных почвах активно действуют ферменты всей цепи превращения азотсодержащих веществ. Однако при сравнении различных подтипов черноземов пока не удалось выявить закономерно зависимой связи между активностями различных групп ферментов. Очевидно, почвенно-экологические условия, отдельные компоненты которых не одинаково сочетаются в различных почвах, оказывают различное по интенсивности воздействие на активность отдельных ферментов. Тем более ферменты, участвующие в этой сложной цепи превращения азота в почве – гидролитические, оксидазы, редуктазы, синтетазы – очень разнообразны по своей природе, механизмам действия, по катализируемым реакциям и по условиям, которые оптимальны для их действия. Дальнейшие углубленные исследования активности этих ферментов с учетом конкретных почвенно-экологических условий позволят выявить взаимосвязь между активностью отдельных ферментов цепи превращения азота в почве и наметить узловые пункты в воздействии на процессы мобилизации почвенного азота с целью регулирования азотного питания растений.

1. J. Bremner. 1966. In "Soil Nitrogen". USA.
2. N. E. Campbell, H. Lees. 1967. In "Soil Biochemistry". New York.
3. L. J. Skujins. 1967. In "Soil Biochemistry". New York.
4. В. Ф. Купревич, Т. А. Щербакова, 1966. Почвенная энзимология, Минск.
5. А. А. Имшенецкий, Е. И. Рубан, 1954. Микробиология, т. 23, в. 4.
6. M. S. Engel, M. Alexander. 1959. J. Bacteriol. v. 78, N. 6
7. M. I. H. Aleem, M. Alexander. 1958. J. Bacteriol. v. 76. N. 5
8. А. Ш. Галстян, В. Л. Маркосян, 1966, ДАН Арм. ССР, т. 43, № 3
9. А. Ш. Галстян, Э. Г. Саакян, 1970, ДАН Арм. ССР, т. 52, № 2
10. А. Ш. Галстян, Э. Г. Саакян, 1971, ДАН Арм. ССР, т. 53, № 3

АММОНИФИКАЦИЯ, НИТРИФИКАЦИЯ И ФЕРМЕНТЫ АЗОТНОГО РЕЖИМА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЗОНЫ.

В.К.Моисеева, А.И.Чундерова

Северо-Западный НИИ сельского хозяйства

Для характеристики азотного режима дерново-подзолистых почв определялась численность аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий, а также активность ферментов гидролиза белков (протеаза) и амидов (уреаза) по методам Купревича и Щербаковой /1/. Исследовались дерново-подзолистые почвы Северо-Западной зоны разной степени оподзоленности и равного механического состава.

Как показывают данные табл.1 изучаемые процессы являются чувствительным индикатором повышения плодородия дерново-подзолистых почв - по мере роста окультуренности почв интенсивность различных процессов превращения азотсодержащих соединений резко возрастает.

Исследовалась также коррелятивная связь активности этих процессов с основными элементами почвенного плодородия - pH, содержанием гумуса, подвижного фосфора, калия и азота; была выявлена степень и характер связи. Для большей части показателей связь имеет сигмоидальную форму, что, по мнению многих исследователей, является наиболее типичной формой связи биологических процессов с факторами среды /2,3/.

Для активности уреазы и протеазы дерново-подзолистых почв характерна наиболее высокая степень связи с их кислотностью ($r = 0,72-0,78$; рис.1) и с содержанием гумуса ($r = 0,69-0,73$; рис.2).

Для зависимости активности уреазы и протеазы от содержания в почве подвижного фосфора установлена связь средней тесноты ($r = 0,41-0,51$; рис.3) и с переменным знаком: до 15-20 мг P_2O_5 на 100 г почвы активность уреазы и протеазы повышается, а затем происходит снижение активности ферментов азотного режима почвы.

Аналогичный характер связи выявлен и с содержанием

Таблица 1

Влияние окультуривания дерново-подзолистых почв на процессы превращения
авотсодержащих веществ (на 1 г почвы)

Окультуренность почвы	Средне-подзолистая легкосуглинистая, Ленинградская обл.				Средне-под- золистая тяжелосу- глинистая, Новгородс- кая обл.		Слабо-подзолис- тая супесчаная, Псковская обл.			Сильно-подзо- листая легко- суглинистая, Вологодская обл.	
	Протеаза, мг аминного азо- та	Уреаза, мг NH_3	Аммонифика- торы, тыс.	Нитрифика- торы, тыс	Протеаза, мг аминного азота	Уреаза, мг NH_3	Протеаза, мг аминного азота	Уреаза, мг NH_3	Аммонификато- ры, тыс.	Протеаза, мг аминного азота	Уреаза, мг NH_3
Под лесом, горизонт 5-20 см	0,41	0,05	30	0,02	0,23	0,20	0,29	0,09	45	0,12	0,00
Слабоокультуренная	0,47	0,28	290	0,8	0,22	0,36	0,33	0,16	200	0,27	0,20
Среднеокультурен- ная	-	-	-	-	0,34	0,40	-	-	-	0,29	0,22
Хорошоокультурен- ная	0,52	0,23	290	4,2	0,57	0,72	-	-	-	0,31	0,30
Высокоокультурен- ная (огород)	0,59	0,32	940	11,8	0,80	0,78	1,07	0,84	2120	0,86	22,96

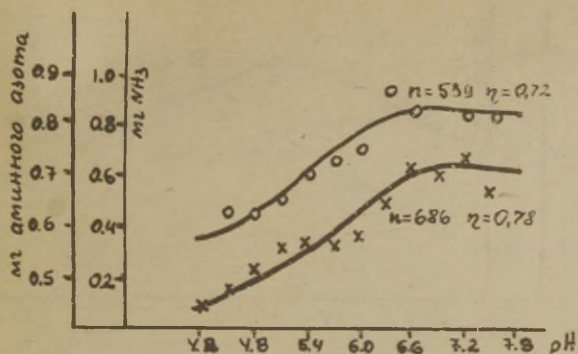


Рис.1. Коррелятивная связь уреазы (x--x) и протеазы (o--o) с кислотностью почвы (pH в KCl)

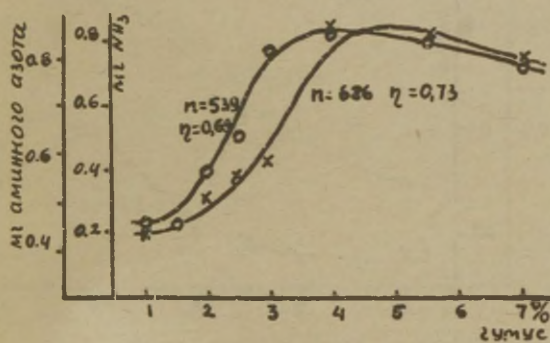


Рис.2. Коррелятивная связь уреазы (x--x) и протеазы (o--o) с содержанием гумуса в почве.

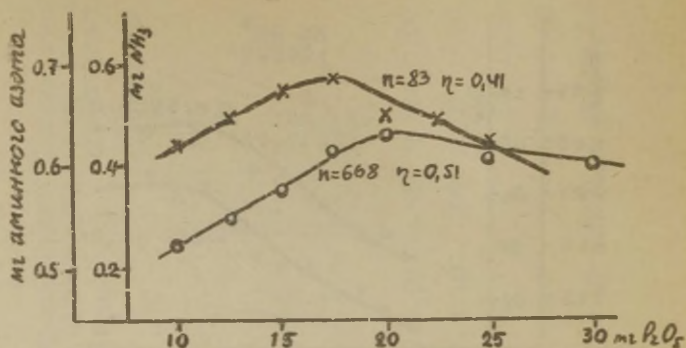


Рис.3. Коррелятивная связь уреазы (x--x) и протеазы (o--o) с содержанием подвижного фосфора в почве

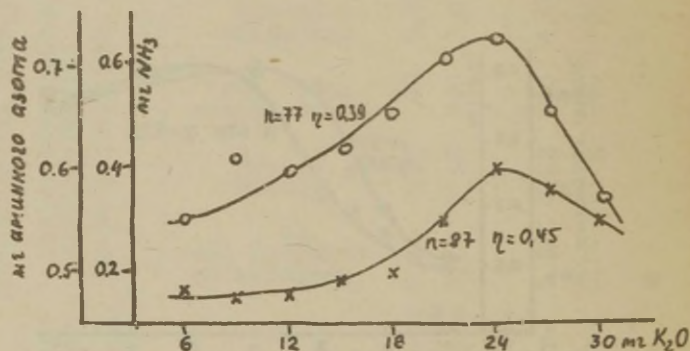


Рис.4. Коррелятивная связь активности уреазы (x--x) и протеазы (o--o) с содержанием подвижного калия в почве

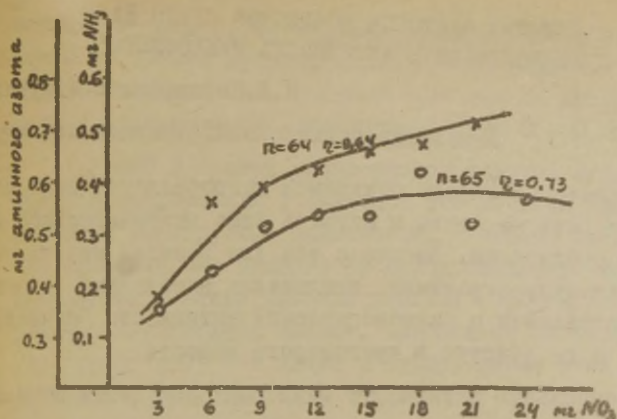


Рис.5. Коррелятивная связь уреазы (x--x) и протеазы (o--o) с нитрификационной способностью почвы.

подвижного калия — нарастание активности ферментов при повышении содержания K_2O до 24-27 мг на 100 г почвы, а затем снижение ($r = 0,39-0,45$; рис.4).

Активность протеазы и уреазы находится в прямой и тесной связи с нитрификационной способностью почвы ($r = 0,64-0,73$; рис.5). Это подчеркивает, что процессы разложения органических соединений азота и нитрификация являются звеньями единого почвенного процесса минерализации органических веществ почвы. В то же время накопление в почве больших количеств нитратов приводит к угнетению процессов минерализации белков и аминокислот ($r = -0,18$ и $r = -0,27$).

Л и т е р а т у р а

1. В.Ф.Купревич, Т.А.Щербакова. Почвенная энзимология. 1966. Минск.
2. Э.Д.Рассел. Почвенные условия и рост растений. 1955. М. ИЛ.
3. Л.Пошон, Г.де Баржак. Почвенная микробиология. 1960. М. ИЛ.

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ПОЧВЕННОЙ СРЕДЫ НА ДЕГИДРОГЕНАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ МИКРОФЛОРЫ

Н.В.Петерсон, Е.К.Курыляк

Львовский сельскохозяйственный институт

Современные методы почвенной микробиологии дают возможность выделить из почвы и изучить лишь незначительное количество ее обитателей. Вместе с тем для решения многих проблем почвоведения, агрохимии, земледелия необходимо иметь точное представление о физиологической активности почвенной микрофлоры, о ее участии в круговороте веществ.

Интегральную активность микробных популяций почв можно учесть по интенсивности дыхания. Показателем дыхания может служить поглощение кислорода, выделение углекислого газа, перенос электронов в дыхательной цепи. Учет переноса электронов может осуществляться с помощью солей тетразолия, количественно реагирующих с ними.

Известно, что соли тетразолия восстанавливаются только живыми клетками /5/, а наибольшая редуцирующая способность совпадает с логарифмической фазой роста популяции /6/. Установлено, что при обогащении почвы бактериальными клетками разного возраста, молодые односуточные клетки больше увеличивали редуцирующую /дегидрогеназную/ активность, чем пятисуточные /3/.

Почвенная среда определяет численность почвенной микрофлоры, ее физиологическую активность. Целью нашей работы было установление в модельных опытах связи между наличием легко и труднодоступных органических веществ в почве, ее влажностью, температурой и дыхательной /дегидрогеназной/ активностью /ДА/ почвенной микрофлоры.

Методика. Опыты проводились на образцах двух типов почв учхоза Львовского сельхозинститута "Дубляны". Пробы отбирали из горизонта 0-20 см. I-почва опытного поля темносерая, оподзоленная, легкосуглинистая на лессовидных суг-

линках, гумуса 1,9%, водорастворимого С - 0,015%. П-лесная почва из свежей дубравы влажноватого подтипа /Д₂₋₃/ светло-серая, оподзоленная, легкосуглинистая на лессовидных суглинках, гумуса 3,4%, водорастворимого С - 0,03%.

200 г свежей почвы подготавливали согласно схеме опыта и выдерживали в заданных условиях 48 часов, затем определяли исследуемые показатели. В опытах по изучению влияния органических веществ на дегидрогеназную активность /ДА/ микрофлоры в почву вносили глюкозу - 500 мг/100 г почвы и фракции перегнойных кислот, выделенные из исследуемых почв /I/, по 50 мг/100 г почвы. Каждая серия этих опытов состояла из 4 вариантов:

I вариант: контроль /К/: почва, которую доводили до 60% от полной влагоемкости фосфатным буфером, $\frac{1}{15}$ М рН 7,4.

II вариант: К + одна из фракций перегнойных кислот.

III вариант: то, что во II варианте + глюкоза /Г/.

IV вариант: К + глюкоза /см. табл. I/. Инкубация при 30°C в термостате.

Опыты по влиянию температуры и влажности на ДА микрофлоры также закладывали по вышеприведенным вариантам. Как источник труднодоступных органических веществ в почву вносили только 2 фракции перегнойных кислот: гуминовую и фульвокислоту не разделенную на фракции. Опыты по изучению влияния температуры закладывали при 4°C и 30°C. При изучении влияния влажности пробы свежей почвы быстро подсушивали феном. Полезную влагу в почве рассчитывали по разности между естественной полевой влажностью и максимальной гигроскопичностью.

ДА определяли с 2,3,5-трифенилтетразолий хлоридом /4/, рН и ϵh измеряли потенциометром. Неиспользованную микроорганизмами глюкозу извлекали в конце опыта спиртом и определяли по Бьерри.

Коэффициент вариации опытов 10%, при уровне вероятности 0,95.

Результаты. Изучаемые почвы существенно отличались уровнем ДА микрофлоры. Лесная почва относительно более богатая органическими веществами во все периоды отбора проб имела более высокую исходную ДА – 8,30 мкг формаза/г почвы /среднее из 51 пробы/. В полевой почве ДА микрофлоры была более низкой – 4,97 мкг формаза/г почвы /среднее из 37 проб/.

Результаты модельных опытов по изучению действия различных фракций перегнойных кислот и глюкозы на ДА микрофлоры сведены в табл. I. За 100% принята ДА первого варианта, в котором к почве прибавляли только фосфатный буфер. Все данные средние из трех серий опытов.

Таблица I

Влияние разных фракций перегнойных кислот на дегидрогеназную активность почв

Варианты опыта		Во II и III варианты внесена фракция перегнойной кислоты					
		Гуминовая	Ульминовая	Фульвокислота не разделенная на фракции	Фульвоеновая	Фульвиновая	Лигнофульвоеновая
Почва пахотная	Исходная	91	110	102	81	103	93
	I	100	100	100	100	100	100
	II	91	120	135	156	220	151
	III	132	161	673	241	230	224
	IV	113	126	162	123	116	124
Почва леса	Исходная	114	123	63	127	125	105
	I	100	100	100	100	100	100
	II	116	108	113	76	128	78
	III	297	155	285	238	208	168
	IV	350	175	250	239	239	234

Опыты показали, что гуминовая и ульминовая кислоты сами существенно ДА не изменяли. При совместном внесении с глюкозой в почве поля с низким содержанием перегнойных кислот добавляемые количества гуминовой и ульминовой кислот слабо стимулировали ДА микрофлоры, а в лесной почве с более высоким содержанием органических веществ – ингибировали.

Фульвокислота не разделенная на фракции и ее фракции – фульвоеновая, фульвиновая, лигнофульвоеновые кислоты стимулировали ДА в почве поля. Более значительная стимуляция на-

блюдались при внесении их одновременно с глюкозой. Объясняется это, видимо, тем, что фульвокислоты — это многокомпонентные системы /2/, содержащие низкомолекулярные соединения: пентозы, пирокатехин, бензол и др. ароматические соединения, которые в малых концентрациях могут быть субстратом дыхания микробов. Внесение фульвокислот в лесную почву не изменяло ее ДА, в ряде вариантов наблюдалось ингибирование.

Различное действие перегнойных кислот на ДА микрофлоры в полевой и лесной почвах подтверждает ранее установленный факт /4/ изменение стимулирующего влияния на ингибирование ДА при возрастании концентрации перегнойных кислот.

Легкодоступный субстрат дыхания — глюкоза всегда повышала ДА в 1,5–2,5 раза и использовалась микрофлорой на 90–100%.

Таблица II

Влияние температуры на активность дегидрогеназ и другие показатели пашни X/

Варианты опыта		4°C					30°C				
		Полевая влажность	pH	Eh мВ	Дегидрогеназная активность, мкг формазина /г	Использованная глюкоза, %	Полевая влажность	pH	Eh мВ	Дегидрогеназная активность, мкг формазина /г	Использованная глюкоза, %
Исходная почва		18,1	5,67	602	1,1		18,1	5,67	602	4,4	
Через 48 часов	К	23,5	5,64	603	36		22,0	5,79	611	5,8	
	К+ФК	22,3	5,75	576	45		22,6	5,68	603	5,8	
	К+ФК+Г	22,3	5,73	573	17	41,2	22,4	5,72	486	38,2	100
	К+Г	23,6	5,65	579	13	44,7	22,0	5,64	539	13,0	100

X/ Как труднодоступное органическое вещество в этом опыте в почву вносили фульвокислоты /ФК/.

Действие температуры на ДА было весьма четким /табл. 2/. При низкой температуре дегидрирование не прекращалось,

но ослабевало в несколько раз.

Уменьшение содержания доступной влаги в почве также уменьшало ДА /табл.3/. Уменьшение содержания доступной влаги и низкая температура особенно сильно сказывалась на дегидрировании глюкозы.

Таблица III

Влияние влажности на активность дегидрогеназ и другие показатели полевой почвы

Варианты опыта		Полезная влага											
		15-18 %				5-8 %				3-4 %			
		pH	Eh mV	Дегидро- геназ- ная актив- ность мкг /г	Испаль- зова- но глюкозы %	pH	Eh mV	Дегидро- геназ- ная актив- ность мкг /г	Испаль- зова- но глюко- зы %	pH	Eh mV	Дегидро- геназ- ная актив- ность мкг /г	Испаль- зова- но глюкозы %
Исходная почва		5,59	601	4,5		5,59	612	21		5,50	573	3,5	
Через 48 часов	Контроль	5,68	549	3,2		5,63	586	5,2		5,57	567	2,8	
	K+ФК	5,68	548	5,0		5,59	584	5,6		5,60	568	2,5	
	K+ФК+Г	5,57	526	37,1	100	5,34	582	10,6	82,4	5,39	576	21	24
	K+Г	5,68	536	17,5	71	5,72	553	9,3	56,9	5,47	565	1,9	48

Во многих опытах повышение ДА пр и внесении в почву глюкозы и глюкозы совместно с перегнойными кислотами сопровождалось снижением окислительно-восстановительного потенциала почвы.

Таким образом, проведенные опыты показали, что наличие или отсутствие органических веществ, изменения температуры и влажности почвы отражаются на ДА почвенной микрофлоры. Следовательно, ДА отражает физиологическую активность почвенной микрофлоры.

Литература

1. Вильямс В.В. Изв. ТСХА №2, 126, 1965.
2. Драгунов С.С., Мурзаков Б.П., Гостенков В.Р., Почвоведение №2, 33, 1971.
3. Петерсон Н.В. Микробиология №3, 518, 1967.
4. Петерсон Н.В., Курыляк Е.К. Наукові праці ІСГІ, т.30, 96, 1970.
5. Eidus Z., Diena B., Greenberg Z. - Canad. J. Microbiol. 5, 245, 1959.
6. Legmut M.V. - Exptl. Cell Res. 3, 620, 1961.

S U M M A R I E S

BIOSPHERE AND NITROGEN IN AGRICULTURE

E.N.Mishustin

The Institute of Microbiology
of the Academy of Sciences of the U.S.S.R.

In the paper the pathways of introduction of nitrogen into soil, and processes leading to exhaustion of soils in nitrogen are being analysed. The existing data allow us to conclude that in atmosphere there occur abiotic processes resulting in the formation of oxidized and reduced nitrogen compounds. These compounds are carried down by rainfalls. In soils they are fixed by sorption processes. However, the enrichment of soils with nitrogen in the course of abiotic processes is rather insignificant. Under common conditions the role of free living nitrogen fixing bacteria is limited as well. The most prominent enrichment of soils with nitrogen proceeds as a result of symbiotic nitrogen fixing. In agricultural practice the use of symbiotic fixers leads to substantial positive effects. The use of mineral nitrogen fertilizers is expedient if soil fertility has been raised to an optimum rate by the use of biological factors. In the paper factors leading either to the accumulation of nitrogen in soils or to losses of this element is being analysed. As regards the nitrogen balance in the soils of the U.S.S.R., insufficient use of "biological" nitrogen may be observed. This means that there exist some supplementary possibilities for increasing nitrogen fixing processes and soil fertility.

MORPHOLOGY AND BASIC BIOCHEMICAL MECHANISMS
IN NITRIFYING BACTERIA

G.A.Zavarzin

The Institute of Microbiology of the
Academy of Sciences of the U.S.S.R.

The enzymological properties and morphological
characters are being discussed on the basis of literary data.
The role of nitrifiers in nature is being estimated.

SOME CONTEMPORARY PROBLEMS IN DENITRIFICATION
STUDIES

V.Tohver

Tartu State University

The present paper has made some proposals for introducing some more appropriate terms. Literary and original data about the existence of two separate systems of nitrate reduction, the properties of components of these systems, the problems connected with the influence of oxygen, and the dependence of the results of denitrification process on the nature of electrone donors are being discussed.

HOMOEOSTASIS AS REGULATOR OF SOIL MICROFLORA ACTIVITIES OF NITROGEN CYCLE

A.A.Shamin

National Institute of Agricultural Microbiology,
Leningrad

Under any conditions Soil Microflora acts as constitutional part of a soil of investigation any microzone of a soil microflora can display only some of its large potential possibilities. Activities of soil microflora are regulated by the laws of soil homoeostasis.

Quantities of readily fermentable organic matters and mineral nitrogen (particularly nitrates) are factors that introduce information which brings into operation the mechanisms of soil homoeostasis including different microbial processes (denitrification, mineralization of organic soil matter, immobilization, fixation of atmospheric nitrogen, etc.). In agricultural practice the relativity of dividing interrelated and united microbial activity into "harmful" and "useful" processes should be borne in mind.

ON THE ROLE OF MICROSCOPIC FUNGI IN
AMMONIFICATION PROCESSES IN HORTICULTURAL SOILS
OF THE UKRAINE

V.F. Pavlenko

Ukrainian Research Institute of Horticulture

We have studied the ammonification activity of some soil fungi in laboratory and field experiments with typical chernozem, turf-podzol and peat soils. A comparative study of the ammonification capacity of soil fungal species on various substrates showed that the highest activity was observed when adding peptone to the soil. The rate of ammonification depends on the fungal species and on the number of fungi introduced into soil or peat. In the course of fungal transformation of organic nitrogen-containing compounds the content of NH_3 increases in the soil and peat, eventually by 2...3 times.

FACTORS INFLUENCING THE CONTENT OF AMMONIUM AND
NITRATE NITROGEN IN PLANT FREE SOILS

P. Rahno, L. Sirp

The Institute of Experimental Biology of the Est. S.S.R.

In 1965...1968 microbiological and chemical analyses were carried out in soil samples taken twice a month the year round. The samples were taken from various soils in 5 cm depth, 8 groups of microorganisms and 4 forms of nitrogen having been determined. The influence of various factors on the processes taking place in the soil was investigated, the frozen and not frozen soils having been taken separately. Great fluctuations in the readings of experimental data were detected regardless of the fact that the soils were not fertilized and were kept free of plants. The content of ammonium nitrogen was greater during winter months in frozen soils. The nitrate nitrogen content, on the contrary, was greater during summer months. A substantial positive correlation existed between the count of nitrifying bacteria and the indices of solar activity.

ACTIVITY OF NITRIFICATION IN DEEP CHERNOZEM

G.J.Chesnyak, M.B.Petrenko

A.N.Sokolovsky Ukrainian Soil Research Institute

The nitrifying capacity of deep chernozem diminishes in prolonged use of soil under clean-cultivated crops due to diminishing of storage of energetic matter (humus). Considerably larger amounts of organic substance get into soil if crops are continuously cultivated. The nitrifying capacity, however, is higher in conditions of clean cultivation.

THE CONNECTIONS BETWEEN THE QUANTITATIVE DYNAMICS OF SOIL INHABITING FUNGI AND NITROGEN COMPOUNDS CONTENT IN SOIL

M.Aksel

The Institute of Experimental Biology of the
Academy of Sciences of the Est.S.S.R.

The paper deals with the connections between the quantitative dynamics of fungi and nitrogen compounds in soil. In 1965...1968 1005 soil samples from five soils typical of the Estonian S.S.R. were taken the year round and analysed. A correlation analysis of 624 soil samples was carried out at the Institute of Cybernetics (The Academy of Sciences of the E.S.S.R.). The results of the analyses show that in frozen calcareous soils the fungi count is in high positive correlation with the count of ammonifying bacteria and *Azotobacter* and with the ammonium nitrogen content, but in not frozen (thawed) soils only with total nitrogen content.

THE NITRIFYING CAPACITY AND VITAMINIZATION OF SOME CHERNOZYOMS OF THE FOREURALS OF BASHKIRIA

M.N.Burangulova, M.Ch.Chamidullin, N.S.Naumov, L.P.Ternovaya
The Institute of Biology of Bashkir Branch
of the U.S.S.R. Academy of Sciences

The influence of ecological conditions on the intensity of nitrification in typical chernozoms has been determined. The nitrifying capacity of typical chernozoms increases essentially from north to south. In optimum conditions for nitrification a considerable accumulation of vitamin B occurs. The influence of temperature and humidity on the number of nitrifying bacteria and the nitrifying capacity of chernozoms has been ascertained.

THE NITROGEN TRANSFORMING BACTERIA IN SODDY-PODZOLIC SOILS

T.I. Kuzyakina
Timiryazev Agricultural Academy

Experiments, carried out in different subvarieties of soddy-podzolic soils, showed that the occurrence and abundance of ammonifying, nitrifying and denitrifying bacteria depend on the type and subvariety of the soil under investigation, and on the agricultural use of the soil as well. The biogenous layer of these soils is substantially deeper in cultivated specimens than in uncultivated examples (forest), the most prominent stimulating factors being the organic fertilizers (manure). The maximum titres were observed in horizon A_p of the mighty soddy-podzol.

THE DYNAMICS OF BACTERIAL GROWTH CONNECTED WITH NITROGEN TRANSFORMATION CAUSED BY DECOMPOSITION OF PLANT RESIDUE IN SOIL

O. Rôds

The Institute of Experimental Biology of the Est.S.S.R.

In 1966...1972 we studied in model experiments in biometers the annual dynamics of soil bacteria participating in nitrogen transformation in the soddy calcareous and soddy podzolic soils. In autumn (August and September) some residues of barley roots and straw were added into soil together with mineral fertilizers and liquid farmyard manure (in some cases). The number of ammonifying, nitrifying, denitrifying and aerobic cellulose decomposing bacteria fluctuated all through the autumn and winter seasons. In soils with added plant residues the numbers of bacteria mentioned above were in all cases considerably greater than in control soils without organic additions. However, the microbiological processes achieved the highest level in soils enriched with straw and liquid farmyard manure. As a rule, in spring (in May) the number of all bacteria under investigation diminished markedly.

INTENSITY OF DEGRADATION PROCESSES OF ORGANIC NITROGEN IN DIFFERENT SOIL TYPES

A.I.Chounderova

North-Western Research Institute of Agriculture

The intensity of degradation processes of organic nitrogen in soils is characterized by the protease and urease activity. The highest activity of these enzymes is in the sierozems; the smaller activity is in the turfy-podzolic soils; and the turfy-calcareous soils; the lowest activity is in the chernozems. pH-optimum of these enzymes in the calcareous soils (turfy-calcareous, chernozems, sierozems) is at pH 8...9. In the acid turfy-podzolic soils the pH optimum seems to incline toward the lower values of this parameter.

SOIL NITROGEN TRANSFORMATIONS IN CULTIVATED SODDY-PODZOLIC SOILS

I.N.Romejko, L.B.Bitjukova
Ukrainian Research Institute of Agriculture

The investigations were carried out in a half-stationary experiment studying different methods of cultivating soddy medium-podzolized soil that differs in its soil profile and low fertility. The intensification of proteolysis, ammonification and nitrification took place during the first year use of podzolized and especially alluvial horizon in an arable layer.

Removing alluvial horizon to the surface increases soil proteolytic activity by 10...15 per cent. This process brings about the activation of amino acid synthesis on the decomposed substrate.

CHANGES IN MICROBIOLOGICAL PROCESSES CONNECTED WITH NITROGEN AND ITS MODIFICATION IN SOILS OF DIFFERENT TEXTURE UNDER THE INFLUENCE OF STRAW MANURE

M.Vinkalne, R.Vizla
Latvian Scientific Research Institute of Agriculture

The amount of ammonifying, nitrifying and denitrifying bacteria and the available nitrogen in the soil depends on soil texture and the kind of nitrogenous fertilizer added to the straw. In the decomposition process of the straw the available nitrogen becomes less fixed biologically in sandy soils than in sandy loam and loamy soils. Straw with NH_4OH in sandy and sandy loam soils increases nitrification and shows the greatest amounts of ammonia and nitrates. Straw with NH_4NO_3 in loamy soil increases denitrification and the losses of available nitrogen, connected with it.

Of all forms of nitrogenous fertilizers added to the straw the highest yield in all types of soils was produced by NH_4NO_3 , then by NH_4OH and slurry.

COMPOUNDS OF NITROGEN AND THEIR TRANSFORMATION IN CHERNOZEMS

A.P. Shcherbakov
Voronezh State University

The problem investigated was the compounds of nitrogen in chernozems of the Central Chernozem Regions. It was found that in the case of continuous use in agriculture of chernozems the content of mineral nitrogen in them rises slightly, but the content of hydrolised nitrogen compounds is appreciably reduced. The latter is connected with the stable non-hydrolised form of nitrogen.

With the help of the distributive chromatography method the amino acid composition of soil was investigated on paper. We showed the effects of using fertilizers and some methods of soil cultivation on changes and transmutation of the mineral and organic compounds of nitrogen in soil and changes in its biological activity.

MICROBIOLOGICAL DECOMPOSITION OF MANURE AND ITS INFLUENCE ON SOIL BIOLOGICAL ACTIVITY AND NITROGEN REGIME

S.M.Samosova, L.I.Shitova, A.A.Mounina,
V.I.Filchenkova, C.H.Mousina
The Kazan Institute of Biology of the U.S.S.R.
Academy of Science, Kazan State University

The dynamics of microbial population and forms of nitrogen in the manure during its decomposition have been investigated. The predominance of fungi, cellulose decomposing and ammonifying bacteria at the initial stage has been ascertained. The final stages are characterized by the predominance of actinomycetes and bacteria assimilating mineral forms of nitrogen and nitrifiers. The biological activity of soil and the content of mineral and hydrolized forms of nitrogen in the soil under the manure increase and the humus content becomes higher.

TRANSFORMATION ACTIVITY OF NITROGEN CONTAINING ORGANIC SUBSTANCES IN PODZOL LOAMY SOILS OF KARELIA

V.V. Yershof

Institute of Biology, Karelian Branch of the
USSR Academy of Sciences

We have compared the transformation activity of N-containing organic substances in natural and cultivated podzol-loamy soils in the northern and middle taiga subzones of Karelia. Forest and meadow soils of the mid-taiga subzone are remarkable for a more abundant quantity of microflora and for the activity of microbiological processes as compared with the above types of lands forming the north-taiga subzone. Within the limits of subzones under discussion, the microbiological processes become sharply active from wooded soils towards meadow soils and ploughland. The total amount of microflora and its individual groups connected with deeper processes of organic substances transformation in the soil increases sharply in cultivated soils under herbs and especially in ploughed fields under winter rye.

LOSS OF NITROGEN AND INTENSITY OF MICROBIOLOGICAL PROCESSES IN SOME SOILS OF MOLDAVIA

R.M.Chernobrovina, A.D.Barsukova

N.A.Dimo Moldavian Scientific Research Institute of Soil
Science and Agrochemistry

The intensity of microbiological processes of nitrogen transformation in three kinds of soils of Moldavia (calcareous chernozem, leached chernozem, grey forest soil) has been studied in the course of years. It has been established that genetic peculiarities of soils have a effect on these processes. Thus, the process of nitrification can be most clearly seen in the calcareous chernozem. However, the gray forest soil is characterized by a vigorous process of ammonification. The process of biological reduction of nitrates proceeds more intensively in the calcareous chernozem which is confirmed by the loss of nitrogen in the form of ammonia.

EFFECT OF FERTILIZERS ON BIOLOGICAL ACTIVITY AND NITROGEN REGIME IN FERTILIZED SOILS

S.P.Gordetskaya, V.I.Kucherenko
Ukrainian Research Institute of Agriculture, Kiev

The effect of the interaction of organic and mineral fertilizers during long-term application and that of fertilizer combinations on nitrogen fractions and microorganism content in grey podzolized soils has been studied. The total content of microorganisms, ammonifiers and protease activity was suppressed by the high level of mineral fertilizers.

The application of organic fertilizers alone or in combination with inorganic ones increases the content of fungi and actinomyces; the same can be observed regarding the quantity of hydrolyzable nitrogen in soil. There is a high positive correlation of nitrifier amount with N-NO_3 content but the effect of fertilizers cannot always be clearly observed.

EFFECT OF EIGHT YEAR HERBICIDE APPLICATION ON AMMONIFICATION AND NITRIFICATION IN SOIL

T.P.Zubets

North-Western Research Institute of Agriculture

We studied the effect of herbicide application on the activity of organic nitrogen degradation processes in crop rotation.

The quantities of ammonifying and nitrifying bacteria were analyzed in comparison with protease and urease activity and nitrifying capacity of the soils.

It turned out that herbicide application produced little effect on the processes studied.

THE INFLUENCE OF SHALE OIL PREPARATIONS ON THE
DEVELOPMENT OF AMMONIFYING, NITRIFYING AND
DENITRIFYING BACTERIA IN SOIL

V.Troll, P.Rahno

The Institute of Experimental Biology of the
Academy of Sciences of the Est. S.S.R.

We studied the influence of a chemical, the ameliorative preparation "Nerosine" produced from the shale oil of the Estonian S.S.R. on the quantitative dynamics of ammonifying, nitrifying and denitrifying bacteria in soddy calcareous soil. The results of the tests suggest that nerosine added to soil (1 ton per 1 ha.) causes some changes in the dynamics of the above-mentioned bacteria during 9 to 20 months. However, the preparation has no permanent retarding effect on the development of these groups of bacteria.

NITRIFICATION OF SALTED LIGHT-COLOURED SEROZEMS
OF GOLODNAYA STEPPE

Y.F.Nizametdinova, I.A.Muzafarova
Tashkent State University

We studied microflora changes and nitrifying capacity of light-coloured serozems containing different amounts of salts. The paper shows that on transition from soils of low to average and from these to high content of salts the number of ammonifying and nitrifying bacteria decreases. The amount of total, ammonia and nitrate nitrogen correlates with the number of microorganisms. Nitrifying activity is higher in 0...10 cm layer of low salt content soils. The activity decreases with the increase in depth of layers and amount of salt. Adding ammonium sulphate and organic material into soils of average salt content the injurious effect of salts upon nitrate accumulation diminishes. Soils of high salt content did not manifest any capacity for nitrification.

DYNAMICS OF DENITRIFYING BACTERIA UNDER DIFFERENT ECOLOGICAL CONDITIONS

K. Jankevičius, A. Baranauskienė, R. Raziulytė
Institute of Botany of the Academy of Sciences of
the Lithuanian S.S.R.

The amount of denitrifying bacteria was investigated in the water and at the bottom of the Lagoon of Kuršiu Marios. The obvious stimulating effect of mineral nitrogenous fertilizers (N; P; NP; NPK - grass) on the development of denitrifiers was observed in fertilized ponds.

The effect of different oil products (benzine A-72, diesel oil, autol AC-8 and inhibitor type chemical compounds conditionally named as No.2 and No.3 supermutagenes - urea derivatives) on the development of denitrifying bacteria was investigated under experimental conditions.

NITROGEN REGIME PROPERTIES OF SHALLOW UNUSED PEATY SOILS DURING THE FIRST YEARS OF THEIR CULTIVATION

T.A. Shcherbakova, G.Y. Korobova, S.H. Borodjko
The Institute of Exp. Botany, Byelorussian Academy
of Sciences

The availability of nitrogen compounds (ammonia and nitrate nitrogen) in shallow peaty soils has been studied during the first years of their cultivation. The investigations have been carried out under different soil cultivation conditions: both under ploughing and tilling for potatoes and perennial herbs. The protease and urease activity in peaty soils has been determined. The investigations showed that under the settled level of subsoil waters at a depth of 70...120 cm in the soil investigated the mineralization of organic nitrous matter proceeds intensively. The urease activity in the soils correlates with the content of the assimilable nitrous matter.

PROCESSES OF AMMONIFICATION AND NITRIFICATION ON DRAINED PEAT-BOGS

V.G.Dudtchenko, A.K.Bescrovny
The Ukrainian Research Institute of Agriculture

Processes of ammonification and nitrification were studied on Vasily-type drained peat-bogs in crop rotation. It was established that microbiological processes under the effect of different cultures operated in different ways. Under intertilled crops the number of ammonifying bacteria was 2...3 times, and the number of nitrifying bacteria 15...37 times larger than under perennial grass. Under potatoes a higher nitrifying soil activity and higher content of nitrates were discovered. A correlative dependence between the number of microorganisms and soil nitrifying capacity was detected.

THE INTENSITY OF AMMONIFICATION, NITRIFICATION AND DENITRIFICATION PROCESSES IN PEAT-BOGGED SOILS WITH DIFFERENT CULTIVATIONS DEGREE AND MOISTURE

L.A.Karyagina, F.P.Vavulo, L.M.Stefankina
Byelorussian Scientific Research Institute
of Soil Science and Agrochemistry

It is stated that optimum moisture for the nitrification process is 20 per cent lower in more cultivated peat-bogged soils than in imperfectly cultivated soils and it lies at 50...60 per cent point of maximum water capacity.

Inverse correlation between ammonification and nitrification processes was revealed.

Two maxima were found in the development of denitrifying bacteria, with the increasing of moisture, however, the intensification process is increased.

EFFECT OF SOIL MOISTURE ON AMMONIFYING AND NITRIFYING BACTERIA

I.I. Shevtsova

Chair of Microbiology, Kiev State University

The amount of moisture in the soil and the speed of its evaporation influence the development of ammonifying and nitrifying bacteria in the soil. The nitrifying bacteria are more sensitive to moisture than ammonifying bacteria. But even a 3-months drying of the soil to a level lower than hygroscopic maximum does not lead to total death of these physiological groups of microorganisms.

AMMONIFICATION AND NITRIFICATION IN SOME SOILS OF THE ARMENIAN S.S.R.

L.A. Khatchicyan, N.A. Oganessian

Scientific Research Institute of Soil Science
and Agrochemistry, Erevan

The results of our investigation showed that microbiological processes in some soils of the Armenian S.S.R. proceeded quite intensively. The cultivated soils are richer in ammonifying, nitrifying and spore-forming bacteria.

In cultivated chernozem and chestnut soils, and in reclaimed solonchaks the presence of *B. megaterium* and *B. mesentericus* proves scientifically that the process of mineralization proceeds in cultivated soils more intensively than in forest soils. The presence of *B. mycoides* and *B. cereus* in soils may be used as indicator for characterizing types of soils. Cultivation and reclamation have sharply influenced the quantity and content of nitrifiers. The intensity of nitrification as well as the number of nitrifiers in reclaimed solonchaks increased up to 48 times, but the content of nitrate during 5 weeks of incubation increased only up to 24 times

INFLUENCE OF PERMANENT PLANT GROWTH ON MICROBIOLOGICAL PROCESSES IN SOILS

M.B. Petrenko

Kharkov State University

We determined changes in the composition of microbe coenosis of the rizosphere of plants. Increase in the number of fungi and decrease in the number of bacteria caused soil toxicity under permanent beet growth. In the soil under maize which is less sensitive to permanent growth, the humus content is higher, the correlation between the main groups of microorganisms is not violated. Enzymes (proteases in particular) are more active and the content of free amino acids is lower.

CROP ROTATION AND SINGLE-CROP SYSTEM AS ECOLOGICAL FACTOR OF SOIL NITROGEN MICROBIOLOGICAL TRANSFORMATION

V.I. Zacharova, L.I. Shilina, L.M. Zil

Ukrainian Research Institute of Agriculture

The crop rotation soils in comparison with the single-crop system soils contain many more nitrifying and denitrifying bacteria, as well as the other microorganisms that assimilate organic and mineral nitrogen. A higher soil proteolytic activity in crop rotation has been ascertained.

Many different denitrifying bacteria have been found in podzolic soils under single-crop system of winter wheat and under perennial herbs in crop rotation.

ON MICROBIAL SEASONAL DYNAMICS
IN CONNECTION WITH SOIL FATIGUE

L.Villeberg, H.Tiivel, K.Moses
Tartu State University

In fatigued soils of apple orchards the development of the main physiological groups of bacteria is inhibited. According to our data, the inhibition cannot be induced by a shortage of the nutritional elements, nor can be brought it about by the phenolic compounds excreted by apple-tree investigation (ammonifying, denitrifying, molecular nitrogen fixing, and cellulose decomposing bacteria) tolerate much higher concentrations of phenolic compounds than may be ever detected in natural soils. At the same time the development of soil fungi is greatly favoured in fatigued soils. It is likely that the antagonism between fungi and bacteria is the main factor inhibiting bacterial activities in fatigued orchard soils.

MINERALIZATION AND IMMOBILIZATION
OF NITROGEN BY MICROFLORA IN PODZOL SOILS AND
ITS AVAILABILITY TO PLANTS

T.V. Tarvis

National Research Institute of Agricultural Microbiology

The availability of nitrogen assimilated by *Trichoderma lignorum*, *Candida humicola*, *Mycobacterium lacticolum*, *Bac. megaterium* and spontaneous microflora was studied in green-house experiments on podzol soil of different biological activity. ^{15}N -enriched bacterial cells were added to 2 kinds of soils. As a result ^{15}N -labelled biomass of spontaneous microflora was accumulated in podzol soils. During a 60-day experiment microbial nitrogen was mineralized in the range of 7...39 per cent. Nitrogen assimilated by bacilli was mineralized with the least intensity.

UTILIZATION BY HIGHER PLANTS OF NITROGEN FIXED
BY BLUE-GREEN ALGAE

E.M. Pankratova

Agricultural Institute, Kirov

Many Cyanophyta are capable of nitrogen fixation about 40 species of these algae are widely spread. Blue-green algae are also capable of utilizing combined nitrogen for growth. Blue-green algae, incorporated ^{15}N , when growing in a chamber with labeled molecular nitrogen or growing on $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Barley, rye and salad served as indicators in water cultures, green-house and field-plot experiments. The nitrogen fixed by algae can be assimilated by higher plants, another nonfixed algae and moss. However, products of algal destruction were preferred to extracellular products released by the viable algae. The degree of mobilization of labeled nitrogen, fixed by the algae was - 3.5 per cent (for salad), 7.5 per cent (for barley) and 12.3 per cent (for rye).

EFFECT OF FERTILIZERS ON NITROGEN TRANSFORMATIONS
IN SODDY-PODZOLIC SOILS OF THE UKRAINIAN POLESSIE

I.N.Romejko, R.M.Uljashova

Ukrainian Research Institute of Agriculture

The effect of soil liming, organic and mineral fertilizers on winter wheat and corn in crop rotation of a stationary experiment, microorganism number and activity of transformation processes of nitrogen-containing substances in soddy-podzolic sandy soil has been studied.

Mineral fertilizers in combination with organic ones and liming increase the number of ammonium and nitrogen-fixing bacteria in soil, cause the intensification of microbiological processes containing substance transformation, and increase its potential and proteolytic activity.

THE INFLUENCE OF NITROGENOUS FERTILIZERS ON
MICROBIAL VITAL ACTIVITIES AND ADDITIONAL
MOBILIZATION OF SOIL NITROGEN

V.V. Sidorova

National Research Institute of Agricultural
Microbiology, Leningrad

The role of different microorganisms in soil nitrogen and fertilizer mobilization has been studied in special sterile tests. The investigations have been carried out by using labelled ^{15}N ammonium sulphate. The soil was sterilized with gamma-rays ^{60}Co (radiation dose - $4 \cdot 10^6$ r). A great part of ammonifying bacteria in mineralization processes has been ascertained. The rate of additional nitrogen mobilization is insignificant in sterile plantless soil. If applying ammonium sulphate the use of soil nitrogen by the plants is most intensive soils with normal microbiological processes.

ON THE SIGNIFICANCE OF BIOTIC FACTORS
UPON THE DYNAMICS AND BALANCE OF SOIL NITROGEN

V.Tohver, L.Narusk
Tartu State University

The general thesis according to which the main factor influencing the processes in soils may be seen in the existence of vegetation has been confirmed by the results of our model experiments. Plants influence the dynamics and characteristics of soil microflora. In co-operation with micro-organisms plants determine the direction of the soil nitrogen transformation processes. Losses of inorganic nitrogen through leaching and denitrification substantially decrease in soils covered with vegetation.

THE INFLUENCE OF INHIBITORS OF NITRIFICATION ON
TRANSFORMATION OF NITROGEN FERTILIZERS IN
SOILS AND THEIR EFFECTIVENESS

P.M.Smirnow, S.D.Basilevich
Timiryazev Agricultural Academy, Moscow

Losses of nitrogen have been noticed to result mainly from the activity of denitrifying bacteria. This has been proved in experiments with sterile plants and with those infected with denitrifying bacteria. Inhibitors of nitrification and denitrification selectively suppress the process of nitrification, but do not prevent ammonification. Those inhibitors (cyanides, halopyridine, haloaniline etc.) diminish gaseous losses of nitrogen, especially during the first 2...3 weeks after application of inhibitors. At the same time fixation of nitrogen increases and promotes yields. The results of field experiments show that the addition of inhibitors considerably increases the effectiveness of nitrogen fertilizers. Cereal crops yield 1,5...2 times more under the influence of inhibitors than under those of nitrogen fertilizers (45...90 kg per ha.).

APPLICATION OF ^{15}N IN NITRIFICATION STUDIES IN OVERMOISTENED SOILS

N.A. Ivanova

National Institute of Agricultural Microbiology, Leningrad

The application of stable isotopes enabled us to study the transformation of nitrate and organic nitrogen in overmoistened soils. In soils of 60 per cent of W_{max} 54 per cent of ammonia nitrogen is being transformed into nitrate form within a month. In overmoistened soils, on the contrary, the activity of nitrifiers equals zero. Under those conditions the introduction of nitrogen into hydrolyzable fractions is inhibited as well. The disturbances in nitrification and processes of further transformation of nitrogen result in weakness of soil and fertilizers' nitrogen utilization by plants.

MICROBIOLOGICAL TRANSFORMATION OF NITROGEN COMPOUNDS IN IRRIGATED SOILS OF SOUTHERN UKRAINE

E.I. Andreyuk, A.N. Dulgerov, G.A. Yutinskaya

The Institute of Microbiology and Virology
of the Academy of Sciences of the Ukrainian S.S.R.

Irrigation of Southern Ukrainian soils favours the rise in number of ammonifying, nitrifying and denitrifying bacteria both in arable and subsoil horizons. Watering at 70 per cent of L.F.M. increases the nitrifying capacity of soils. This process is accompanied by a considerable increase in the nitrate content on watering plots. Irrigation increases the intensity of microbiological processes of soil nitrogenous substances transformation and promotes yields (maize - 246 per cent, sugar beet - 220 per cent, winter wheat - 225 per cent).

ON THE TRANSLOCATIONS OF NITRATE NITROGEN
IN MOOR PEAT SOILS IN CONNECTION WITH THE
DEVELOPMENT OF DENITRIFYING BACTERIA

V. Tohver

Tartu State University

The mode and intensity of the agricultural activities of man bring about changes not only in the multiplication rates of denitrifiers, but in their metabolic characteristics and pathways as well. Reclamation and, as a result, improved aeration of moor peat soils lead to a more vigorous ability of respiration and synthesis of living matter by denitrifiers. Increases in multiplication activity and nitrogen fixation rates in cells cause a substantial decrease in nitrate losses through leaching. At the same time, the intensity of nitrate reduction into molecular nitrogen abates per unit number (10^9) of denitrifiers twice or thrice. Our data give evidence that the intense development of denitrifiers does not inevitably rule out high yields of plants.

THE INFLUENCE OF SPRINKLER IRRIGATION ON AMMONIFICATION,
NITRIFICATION AND DENITRIFICATION PROCESSES IN
DRAINED PEAT-BOGGED SOILS

F.P. Vavulo, E.N. Vorobjeva, N.N. Plotkina
Byelorussian Scientific Research Institute
of Soil Science and Agrochemistry

Double-flash watering of timothy on peat-bogged soil raised nearly 10 per cent the moisture of the root inhabited layer. It increased the biological activity of soil. The quantity of micro-organisms taking part in the mobilization of mobile nitrogen was raised. Ammonification, nitrification and accumulation of free amino acids increased which indirectly indicates the increase in decomposition of soil organic substances. The application of mineral fertilizers inhibited the processes mentioned above. Hay yield of timothy for two years with test comparison increased 33.4 c/ha or 40.5 per cent and was in inverse dependence with nitrate accumulation and nitrification power ($r = - 0.77$).

THE INFLUENCE OF MELIORATIVE MEASURES UPON MICROFLORA
AND NITROGENOUS REGIME IN PEAT-BOGGY SOILS

E.Z.Tepper, T.V.Pushkareva

Timiryazev Agricultural Academy, Moscow

Our investigations show that the melioration of peat-boggy soils induced the activation of microflora participating in the mobilization and immobilization of nitrogen. In the course of fallowing of meliorated peaty soils microbial activities grow over the optimum rate and give rise to an excessively urgent mineralization of soil organic matter. In those cases inorganic nitrogen accumulates in quantities not available to plants. Consequently, considerable losses of nitrogen occur through denitrification and leaching. The growth of herbage decreases the losses by preventing the excess accumulation of inorganic nitrogen.

PECULIARITIES OF AMMONIFICATION AND IMMOBILIZATION
OF NITROGEN IN SOILS UNDER RICE

A.N.Ilyaletdinov

The Institute of Microbiology and Virology of the Academy
of Sciences of the Kazakh S.S.R.

Microorganisms develop most rapidly at 60 per cent of W_{max} . In particular, a high activity of proteolytic enzymes is observed. At the same time ammonia accumulates slowly. In submerged soils, on the contrary, when microbes are less in number and the activity of enzymes is low, the amount of ammonia increases. The high rate of microbe growth in relatively aerobic conditions is accompanied by intense assimilation of mineral nitrogen by soil microorganisms. In submerged soils which lack oxygen, microorganisms multiply at a slow rate and nitrogen consumption is low. A considerable part of ammonium remains, therefore, in the soil. Thus, the accumulation of ammonium out of decomposed vegetable residues in submerged soils is not so much due to on intense ammonification as to the low rate of biological immobilization of nitrogen.

NODULE BACTERIA INTERRELATIONS WITH SOY-BEAN PLANTS

G.P. Golodyayev

Institute of Biology and Pedology
(Far-Eastern Scientific Centre)

The paper deals with the effect of active and low-active nodule bacteria strains and their metabolites on the growth and formation of soy-bean plants. It has been found that the bacterization of soy-bean plant seeds by nodule bacteria stimulates the formation of roots and surface composition of the plants. It also promotes the increase in the number of tubers on the roots and in their weight.

The activity of the tubers depends to a large extent on the isoelectric zone of the tuber tissue. Nodule bacteria metabolites affect the soy-bean plants in the same way as the bacteria themselves.

INFLUENCE OF CHEMICALS ON NITROGEN ACCUMULATION IN PLANTS AND RHIZOSPHERE OF RED CLOVER

M.I. Borchaninova, K.F. Filippova
Perm University

In-the-field research work has been accomplished. Red clover of the first and second year cultivation was selected for study. Biochemical analyses of turfy-podzol soil and plants showed a considerable effect of chemicals used for pre-showing enrichment of seeds. Granosan, tetramethyltiuramdisulphide, molybdenum, mercurae alone and in combination with molybdenum were tested. We present data on nitrogen content in separate organs of plants, and the influence of the chemicals mentioned above upon the nitrifying ability of bacteria and urease activity in soil. Applying molybdenum in combination with mercurane was found to give better results.

INTERRELATIONSHIP BETWEEN SPORE FORMING
BACTERIA AND FRACTIONAL COMPOSITION OF
NITROGEN IN THE VIRGIN HILL SOILS OF KIRGHIZ

E.G.Voohrer

Soil Science Research Institute of Kirghiz S.S.R.

The fractional hydrolysis method of using acids and alkalies gave us fractions containing extracted soil nitrogen substances. The composition of nitrogen compounds correlated with the spore-forming and nitrifying forms of bacteria. The growing population of the sporogenous bacteria increased the amount of nitrogen in acid-extracted fraction of gray-brown, light-brown, black-valley-chestnut soils. In high-hill soils, where due to scarcity of warmth and water the sporogenous bacteria fail to develop and nitrification is suppressed, the content of alkali-extractable nitrogen considerably increases. In soils of hill slopes, where accumulative processes prevailed over mineralization and autochthon microflora A is presented in rich quantities, nitrogen of hydrolysates predominates.

NITROGEN REGIME CHARACTERISTICS OF SODDY-GLEY
SOILS OF B.S.S.R.

V.I.Yakusheva, A.S.Meyerovsky

Byelorussian Scientific Research Institute
of Soil Science and Agrochemistry

Nitrogen regime of soddy-gley soils has been studied in field conditions. Researches were conducted in different nature regions of Byelorussia. These soils have a high humus and nitrogen content, but nitrogen is the limiting factor of their fertility during the vegetation period of grasses. Heavy yields of grasses are impossible without the use of nitrogen fertilizers.

THE STUDY OF PYRIDINE COMPOUNDS AS INHIBITORS
OF NITRIFYING BACTERIA AND NITRIFICATION IN SOILS

M.V.Stalberg

National Research Institute of Agricultural Microbiology,
Leningrad

Four compounds, inhibiting the first phase of nitrification(oxidation of NH_4^+ to NO_2^-)were selected for further study. These compounds inhibit the development of nitrifying and denitrifying bacteria but do not influence the ammonifying bacteria. The adverse effect was temporary and disappeared in 1,5...2,0 months.

ON THE ASSOCIATION OF NITRIFYING AND
DENITRIFYING BACTERIA IN VINOGRADSKY MEDIUM

R.Pikovskaya, M.Djintshvelashvili

The Georgian Institute of Soil Science, Agrochemistry
and Melioration

The first- and second-phase nitrifying bacteria cultivated in Vinogradsky medium are most commonly accompanied by denitrifying bacteria. Endurance of organic matter by nitrifiers is characteristic of such cultures irrespective of the amount of organic substances. The authors have established that nitrification and denitrification are inseparable and pass a three-stage process, the stages being the oxidation of ammonia to nitric oxide, of nitric oxide to nitric dioxide, and the reduction of these to free nitrogen. Denitrifiers adapt themselves easily to oligocarbo-philic conditions. Their positive role in accommodating the medium for nitrifiers lies probably in their ability to increase pH and rU values.

THE STUDY OF PHYSIOLOGICAL PECULIARITIES OF
MICROORGANISMS PARTICIPATING IN THE NITRATE
REDUCTION ENERGY-EXCHANGE PROCESSES

T.K. Ilyina, R.N. Khodakova

Dokuchaev Soil Institute, Moscow, U.S.S.R.

Gaseous losses of nitrogen from the soil are mainly caused by nitrate respiration of microorganisms. By studying the representatives of this group of soil microorganisms, it has been elucidated that there exists a close dependence of the occurrence and chemism of dissimilatory nitrate reduction processes upon the nature and conditions of development of a microorganism.

Under an optimum aeration regime and favourable composition of culture medium, facilitating the occurrence of the above processes, large losses of nitrogen from the medium amounting to 80 % have been detected. Proceeding from the results obtained, a significant negative role of such microorganisms in the nitrogen balance of soils may be supposed.

ON ESSENTIAL DIFFERENCES IN PHYSIOLOGICAL
CHARACTERISTICS IN SOME DENITRIFIERS

V. Tohver

Tartu State University

Experimental data show that there exist essential differences in physiological characteristics (denitrifying and respiratory activities, generation time, intensity of citrate utilisation, accumulation of reserve substances, etc.) in typical denitrifiers *Achromobacter agile* and *Pseudomonas denitrificans*. This leads to the conclusion that the qualitative composition of denitrifying microflora must be taken into consideration when denitrification potentials of natural substrates are being estimated.

THE INDUCIBILITY OF NITRATE REDUCING SYSTEMS
IN *Achromobacter agile* AND *Pseudomonas denitrificans*

V.Tohver, A.Laving
Tartu State University

In typical denitrifiers *A.agile* and *Ps.denitrificans* the nitrate reducing enzyme systems are subjected to negative induction by molecular oxygen to a different extent. If judged by sensibility to O_2 and by a high development of the cytochroms of group a, *Ps.denitrificans* is essentially nearer to real aerobic organisms than *A.agile*.

ASSIMILATION OF ACETATE BY *Achromobacter agile*

J.Simisker, M.Varjun
Tartu State University

A.agile has been found to be able to develop in media with acetate as the sole source of carbon and energy, if exogenous CO_2 is present. In such cultures $NaHCO_3$ acts as stimulating factor. The products of a short time exposure of intact cells in media containing ^{14}C -acetate and $NaH^{14}CO_3$ are malate, citrate, aspartate and glutamate. The cell-free suspensions, however, catalyze the formation of glyoxylate from citrate. The presented facts demonstrate the activity of aconitase and isocitric lyase in *A.agile*.

POSSIBILITY OF PURINE AND PYRIMIDINE
UTILIZATION BY YEASTS

S.R.Vilks, M.Ya.Vitols
Latvian State University

The ability of 40 cultures of yeasts (from different soils) to utilise purines and pyrimidines as the main source of nutrition was investigated. Most of the cultures investigated could utilise natural purines, pyrimidines and their nucleosides as the main source of nitrogen, while nucleotides could serve as the main source of phosphorus. 70 per cent of strains of yeasts can split the purine ring, but only 45 per cent are able to split the pyrimidine ring.

DEGRADATION OF NUCLEOTIDES BY *PENICILLIUM SIZOWI*

T.A.Popova, S.L.Romanov, A.M.Bezborodov
Pushtshino Institute of Biochemistry and Physiology
of Microorganisms, U.S.S.R. Academy of Sciences

A number of enzyme systems occurring in dialyzate of cell-free extract of soil fungus *Pen.sizowi* has been investigated. It has been shown that purine and pyrimidine nucleotides when affected by these systems were degraded both to corresponding nucleosides and to nucleic bases. Nucleosides are also degraded enzymatically to bases. Nitrogen is released both from nucleosides and bases if subjected to deaminating factors and involved in nitrogen cycle.

THE INFLUENCE OF NITROGEN SOURCES AND ECOLOGICAL CONDITIONS ON SYNTHETIC ACTIVITY OF *Bac.glutinosus*

M.N.Burangulova, L.P.Ternovaya, A.P.Ternovoy
The Institute of Biology of Bashkir Branch
of the U.S.S.R. Academy of Sciences

It has been ascertained that the character of nitrogen metabolism changes depending on what nitrogen compounds are assimilated. Evidently the ammonia and nitrate sources of nitrogen lead to the formation of different intermediate products - the precursors of some amino acids.

It is assumed that in contradiction to typical *Bac.megaterium* the synthesis of aspartic acid in *Bac.glutinosus* proceeds over fumarate with aspartase enzyme taking part as a catalyst.

ENZYMATIC TRANSFORMATIONS OF NITROGEN IN SOIL

F.Ch.Chaziev, Ya.M.Agafarova, N.A.Kireyeva
The Institute of Biology of Bashkir Branch
of the U.S.S.R. Academy of Sciences

In separate transformation stages of soil nitrogen compounds, as well as in synthetic processes, specific enzyme systems take part. In connection with this depolymerization, deamination, as well as ammonia, hydroxylamine and nitrite oxidation processes and reduction of nitrite, nitrate and hydroxylamine were studied. We were first to study ammonium and nitrite oxidases in the course of these investigations. We assume that the transformation of nitrogen containing substances in soils occurs not only *in vivo*, but also *in vitro* experiment were extracellular and liberated by autolysis intracellular enzymes are used.

THE AMMONIFICATION, THE NITRIFICATION AND THE NITROGEN
METABOLISM ENZYMES IN THE TURFY-PODZOLIC SOILS

V.K.Moyseeva, A.I.Chounderova

North-Western Research Institute of Agriculture

The activity of nitrogen transformation processes increase with the increase of turfu-podzolic soil fertility.

The correlation between the processes mentioned above and the phosphate content of soil is remarkably weak ($r = 0,39...0,51$). Between proteolysis and nitrate content of soil a negative correlation constant ($r = -0,18...-0,27$) could be observed.

SOIL ENVIRONMENT EFFECT ON DEHYDROGENASE
ACTIVITY OF MICROFLORA

N.V.Peterson, E.K.Kurilyak

Lvov Agricultural Institute

In model experiments with two different soils the interaction between dehydrogenase activity (DA) and soil conditions (temperature, moisture, organic matter) was studied. It has been established that: 1) the enrichment of poor soil with humic and ulmic acid did not change DA while the enrichment with fulvic acid stimulated it. In cases where the soil was richer in organic matter there was no stimulation. 2) The enrichment of the soils with glucose stimulated DA. 3) Lowering the temperature and drying the soils reduced DA. 4) DA reflects the physiological activity of soil microflora.

ЭКОЛОГИЯ И ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ АЗОТА

Материалы конференции *

На русском и английском языках
Тартуский государственный университет
СССР, г. Тарту, ул. Ойясооли, 18

Ответственные редакторы В. Тохвер, Я. Сиймскер

Ретапронт ТГУ 1972. Подписано к печати 1/УИ 1972 г.
Печ. листов 23,88 (условных 22,2). Учетн.-издат. листов 17,4. Тираж 500 экз. Бумага 30х42. 1/4.

МВ 12032. Зак. № 782

Цена 1 руб.

Цена I рубль